

DEILEN PAFF SOTELO MORENO

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA SOBRE A RESPOSTA
PRODUTIVA E STATUS NUTRICIONAL EM FÊMEAS NELORE EM
PASTAGEM TROPICAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S717e
2019 Sotelo Moreno, Deilen Paff, 1988-
Efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta
produtiva e status nutricional em fêmeas Nelore em pastagem
tropical / Deilen Paff Sotelo Moreno. – Viçosa, MG, 2019.
xiii, 98 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Mário Fonseca Paulino.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Nelore (Bovino) - Nutrição. 2. Suplementos dietéticos. 3.
Brachiaria decumbens. 4. Nelore (Bovino) - Registros em
desempenho. 5. Nitrogênio - Metabolismo. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Doutorado em
Zootecnia. II. Título.

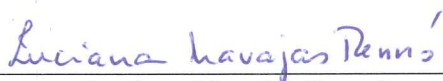
CDD 22. ed. 636.20852

DEILEN PAFF SOTELO MORENO

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA SOBRE A RESPOSTA
PRODUTIVA E STATUS NUTRICIONAL EM FÊMEAS NELORE EM PASTAGEM
TROPICAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

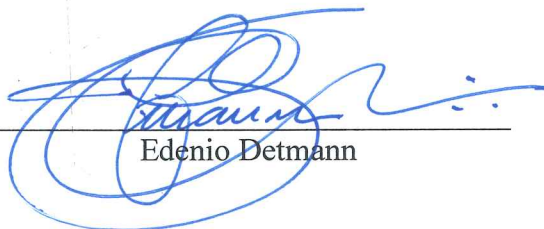
APROVADA: 26 de fevereiro de 2019.



Luciana Navajas Rennó



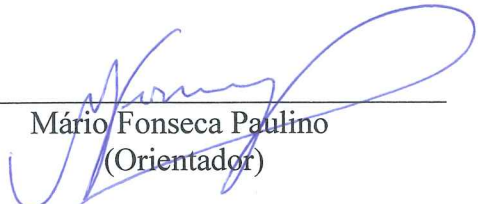
Livia Vieira de Barros



Edenio Detmann



Nelcino Francisco de Paula


Mário Fonseca Paulino
(Orientador)

Times passes. That's for sure!

Eileen Myles

Aos meus amores Luz Indys Osorio González e Luana Sotelo Osorio, vocês são a luz, o sol e as estrelas da minha vida...

A minha amada mãe Osiris Moreno Bello, minha linda sobrinha Laurem e meus irmãos Saulo, Henry e Yina...

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, por tornar possível a realização de este curso e, ter me acolhido durante todo este tempo, se tornando minha segunda casa.

À Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior a través do Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação da (CAPES-PEC-PG) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do trabalho de pesquisa, respetivamente.

Ao professor Mário Fonseca Paulino, pela amizade e mais uma vez por ter me dado a oportunidade de realizar meus estudos doutorais, pela excelente orientação ao longo do curso e, por ser um exemplo a seguir do ponto de vista pessoal e profissional.

Aos professores Edenio Detmann e Luciana Navajas Rennó, pela coorientação deste trabalho, demonstrando disposição e dedicação em todo momento.

Aos professores Lívia Vieira de Barros e Nelcino Francisco de Paula, por participarem da banca avaliadora e fazer acréscimos importantes neste trabalho.

Aos demais professores do Departamento de Zootecnia, pelos valiosos ensinamentos.

Aos meus amigos e colegas de gado de corte “Turma de gado de corte”, pela amizade e ajuda fundamental na realização deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, especialmente aos do Setor de Bovinocultura de corte, Laboratório de nutrição animal e laboratório de fisiologia, pela colaboração ao longo do experimento e durante o curso.

Aos meus amigos colombianos e estrangeiros, por ter-se comportado como uma família para mim e fazer minha estada no Brasil muito mais agradável.

Enfim, muito obrigado a todos os que participaram direta ou indiretamente neste trabalho porque sem vocês tudo isto não seria possível.

BIOGRAFIA

DEILEN PAFF SOTELO MORENO, filho de Ediovil Sotelo Durán e Osiris Moreno Bello, nasceu em San José de Uré, Córdoba – Colômbia, em 06 de setembro de 1988.

Em 2006, ingressou no curso de Medicina Veterinária e Zootecnia na Universidad de Córdoba, Colômbia, colando grau em 24 de junho de 2011.

Em agosto de 2013 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes e, tornou-se um M. Sc. em Zootecnia em fevereiro 24 de 2015.

Em março de 2015 ele iniciou o programa de doutorado em Zootecnia na área de Nutrição e Produção de Ruminantes na mesma Universidade.

No dia 26 de fevereiro de 2019 o Sr. Moreno defendeu sua tese de doutorado para obter o grau de *Doutor Scientiae*.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	3
CAPÍTULO 1 - SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA NO PRÉ-PARTO E PÓS-PARTO PARA VACAS DE CORTE EM PASTAGEM TROPICAL: RESPOSTA PRODUTIVA E STATUS METABÓLICO	5
RESUMO	5
INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	7
RESULTADOS	12
DISCUSSÃO	15
CONCLUSÕES	18
REFERÊNCIAS	18
TABELAS	24
FIGURAS	29
CAPÍTULO 2 - SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA PARA BEZERRAS DE CORTE EM PASTAGEM TROPICAL: RESPOSTA PRODUTIVA, STATUS NUTRICIONAL E METABÓLICO	33
RESUMO	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS	45
DISCUSSÃO	47
CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	53
TABELAS	59
FIGURAS	63
CAPÍTULO 3 - SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA PARA NOVILHAS DE CORTE EM PASTAGEM TROPICAL: RESPOSTA PRODUTIVA, STATUS NUTRICIONAL E METABÓLICO	65
RESUMO	65
INTRODUÇÃO	66
MATERIAL E MÉTODOS	67
RESULTADOS	77

DISCUSSÃO	79
CONCLUSÕES	85
REFERÊNCIAS.....	85
TABELAS	91
FIGURAS	97

RESUMO

SOTELO, Deilen Paff Moreno, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta produtiva e *status* nutricional em fêmeas Nelore em pastagem tropical.** Orientador: Mário Fonseca Paulino.

Esta pesquisa foi realizada a partir de três estudos com fêmeas bovinas de corte submetidas a diferentes estratégias de suplementação e os resultados são aqui apresentados em três capítulos. **No primeiro capítulo**, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica nos períodos pré-parto e pós-parto sobre a resposta produtiva e *status* metabólico em vacas corte em pastagem tropical. Foram utilizadas 48 vacas Nelore multíparas com média inicial de $6,4 \pm 0,42$ meses de gestação, $514,9 \pm 8,9$ kg de peso corporal (PC) e $5,4 \pm 0,14$ (na escala de 1 – 9) de escore de condição corporal (ECC), em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2. Os tratamentos aplicados foram: MM - não suplementado durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS - suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM - suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS - suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. Vacas suplementadas durante o pré-parto apresentaram aumento no PC e ganho médio diário no pré-parto e PC, ECC e área de olho de lombo no pós-parto ($P < 0,10$). A suplementação durante o pós-parto incrementou o ECC das matrizes no final do experimento ($P < 0,10$). O PC da progênie de matrizes suplementadas tanto no pré-parto quanto no pós-parto foi maior ($P < 0,10$). Vacas suplementadas apresentaram maiores concentrações de nitrogênio ureico sérico (NUS) e menos níveis de ácidos graxos não esterificados e β -hidroxibutirato ao longo do experimento. Por outro lado, matrizes suplementadas no pré-parto apresentaram maiores concentrações de proteínas totais e globulinas no pós-parto. Por sua vez, níveis séricos de glicose foram menores em vacas suplementadas aos sete dias pós-parto ($P < 0,10$). A suplementação estratégica durante os períodos pré-parto e pós-parto para vacas de corte em pastagem tropical melhora a resposta produtiva e *status* metabólico. **No segundo capítulo**, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico de bezerras de corte lactentes em pastagem tropical. Foram utilizadas 56 bezerras de corte lactentes da raça Nelore com idades e pesos médios iniciais de $2,7 \pm 0,1$ meses e $115 \pm 2,3$ kg, respectivamente, e suas respectivas mães com peso médio inicial

de $490 \pm 8,5$ kg, em delineamento inteiramente casualizado com 2 tratamentos. Os tratamentos aplicados foram: não suplementados e suplementados com 5 g/kg de PC. Houve incremento ($P < 0,10$) no consumo voluntário de matéria seca (MS), MS da forragem, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra indigestível em detergente neutro (FDN_i), matéria orgânica digerida (MOD), FDN_{cp} digerida (FDN_{cpD}) e, relação PB:MOD pelo fornecimento de suplemento. A suplementação aumentou a digestibilidade da MO, PB e MOD e, incrementou a produção de nitrogênio microbiano e excreção de nitrogênio ureico na urina (NUU; $P < 0,10$). Houve incremento nas concentrações de IGF-1, NUS, proteínas totais, albumina e globulinas ($P < 0,10$). Não foi observado efeito da suplementação sobre a expressão genica de carbamoil-fosfato sintetase -1 (CPS-1) ou fosfoenol-piruvato carboxiquinase (PEPCK) ($P > 0,10$). A suplementação aumentou o PC e ganho médio diário ao desmame ($P < 0,10$). A suplementação estratégica no sistema *creep-feeding* melhora a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical. **No terceiro capítulo**, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico em novilhas de corte em pastagem tropical. Foram utilizadas 56 novilhas de corte da raça Nelore com idade e peso médio inicial de $7,7 \pm 0,1$ meses e $237 \pm 3,5$ kg, respectivamente, em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2. Os tratamentos aplicados foram: não suplementado durante o período de cria e suplementado na recria com 5 g/kg PC; não suplementado durante o período de cria e suplementado na recria com 7,5 g/kg PC; suplementado durante os períodos de cria e recria com 5 g/kg PC; suplementado durante os períodos de cria e recria com 5 g/kg e 7,5 g/kg PC, respectivamente. Houve incremento no consumo de PB e PB:MOD durante o período de recria quando o nível de suplementação aumentou. Contudo, não houve efeito das estratégias de suplementação sobre o consumo de MS, MS da forragem, MO, extrato etéreo, FDN_{cp}, CNF, FDN_i, MOD ou, FDN_{cpD} ($P > 0,10$). As estratégias de suplementação não influenciaram ($P > 0,10$) a digestibilidade dos componentes da dieta, à exceção da PB, a qual aumentou com o incremento do nível de suplementação na recria ($P < 0,10$). Não houve efeito ($P > 0,10$) das estratégias de suplementação sobre a síntese de compostos nitrogenados. No entanto, a excreção de nitrogênio ureico na urina incrementou-se com o aumento da quantidade de suplemento oferecido na recria ($P < 0,10$). As concentrações de NUS foram menores ao longo do experimento em novilhas

sem acesso ao suplemento durante o período de cria e recebendo 5g/kg de PC de suplemento múltiplo na recria ($P < 0,10$). Por sua vez, os níveis séricos de albumina e globulinas foram menores na terceira coleta em animais não suplementados durante o período de cria ($P < 0,10$). As estratégias de suplementação não influenciaram as concentrações séricas de IGF-1, albumina, globulinas, glicose, triglicerídeos ou progesterona ou, a expressão gênica de CPS-1 ou PEPCCK na recria ($P > 0,10$). O fornecimento de maior quantidade de suplemento múltiplo na recria não melhora a resposta produtiva, desenvolvimento corporal, *status* nutricional e metabólico em novilhas de corte em pastagens tropicais.

ABSTRACT

SOTELO, Deilen Paff Moreno, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Strategic supplementation effects on productive response and nutritional status in Nelore females on tropical pasture.** Advisor: Mário Fonseca Paulino.

This research was conducted from three studies with bovine females grazing submitted different supplementation strategies and the results are here presented in three chapter. **In the first chapter**, the objective of this study was to evaluate the effects of strategic supplementation in the prepartum and postpartum periods on productive and metabolic status in beef cows on tropical pasture. Forty-eight multiparous Nelore cows with an initial mean of 6.4 ± 0.42 months of gestation, 514.9 ± 8.9 kg of body weight (BW) and 5.4 ± 0.14 were used (on a scale of 1 - 9) of body condition score (BCS), were used in a completely randomized design in a 2 x 2 factorial scheme. The treatments applied were: not supplemented during the prepartum and postpartum periods; supplemented with 1.5 kg cow/day multiple supplement only in postpartum; supplemented with 1.5 kg cow/day of multiple supplement only in the prepartum period; supplemented with 1.5 kg cow/day of multiple supplement before and after calving. Cows supplemented during prepartum showed an increase in BW and average daily gain (ADG) in prepartum and BW, BCS and longissimus muscle area postpartum ($P < 0.10$). Postpartum supplementation increased the BCS of the matrices at the end of the experiment ($P < 0.10$). The BW of the progeny of matrices supplemented in both prepartum and postpartum was higher ($P < 0.10$). Supplemented cows had higher concentrations of serum urea nitrogen (SUN) and less levels of non-esterified fatty acids and β -hydroxybutyrate throughout the experiment. On the other hand, matrices supplemented in the prepartum presented higher concentrations of total proteins and globulins in the postpartum period. In turn, serum glucose levels were lower in cows supplemented at seven days postpartum ($P < 0.10$). Strategic supplementation during prepartum and postpartum periods for beef cows on tropical pasture improves productive response and metabolic status. **In the second chapter**, the objective of this study was to evaluate the effects of strategic supplementation on productive response, nutritional and metabolic status in suckling female calves on tropical pasture. Fifty-six suckling female Nelore calves with ages and initial average weights of 2.7 ± 0.1 months and 115 ± 2.3 kg, respectively, and their respective dams with initial mean weight of $490 \pm 8,5$ kg, were used in a completely randomized design. The strategies evaluated were: not supplemented and supplemented

with 5 g/kg BW. There was an increase ($P < 0.10$) in the voluntary intake of dry matter (DM), forage DM, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent insoluble fiber corrected for ash and protein (NDFap), non-fibrous carbohydrates (NFC), indigestible neutral detergent fiber (NDFi), digested organic matter (DOM), digested NDFap (DNDFcp) and CP:DOM ratio for the supply of supplement. Supplementation increased the digestibility of OM, CP and DOM and increased the production of microbial nitrogen and urine urea nitrogen excretion (UUN). There was an increase in the concentrations of IGF-1, SUN, total proteins, albumin and globulins. No effect of supplementation on the gene expression of carbamoyl phosphate synthetase-1 (CPS-1) or phosphoenol-pyruvate carboxykinase (PEPCK). Supplementation increased PC and ADG at weaning. Strategic supplementation in the creep-feeding system improves the productive response and nutritional and metabolic status in suckling female calves on tropical pastures. **In the third chapter**, the objective of this study was to evaluate the effects of strategic supplementation on productive response, nutritional and metabolic status in beef heifers on tropical pasture. Fifty-six Nellore heifers with age and initial mean weight of 7.7 ± 0.1 months and 237 ± 3.5 kg, respectively, were used in a completely randomized design in a 2×2 factorial scheme. The treatments applied were: not supplemented during the pre-weaning period and supplemented in the rearing with 5 g/kg of BW; not supplemented during the pre-weaning period and supplemented at rearing with 7.5 g/kg of BW; supplemented during pre-weaning and rearing periods with 5 g/kg of BW; supplemented during pre-weaning periods with 5 g/kg and rearing with 7.5 g/kg BW, respectively. There was an increase in CP and PB:DOM intake during the rearing period when the level of supplementation increased. However, there was no effect of supplementation strategies on DM, forage DM, OM, ethereal extract, NDFap, NFC, iNDF, DOM or DNDFap ($P > 0.10$). The supplementation strategies did not influence ($P > 0.10$) the digestibility of dietary components, except for CP, which increased with the increment of the level of supplementation in the rearing ($P < 0.10$). There was no effect ($P > 0.10$) of supplementation strategies on the synthesis of nitrogen compounds. However, UUN excretion increased with the increase in the amount of supplement offered in the rearing ($P < 0.10$). SUN concentrations were lower throughout the experiment in heifers without access to the supplement during the rearing period and receiving 5 g/kg BW of multiple supplements in the rearing ($P < 0.10$). Serum levels of albumin and globulins were lower in the third collection in non-supplemented animals during the pre-weaning period ($P < 0.10$). Supplementation strategies did not influence serum

concentrations of IGF-1, albumin, globulins, glucose, triglycerides or progesterone, or the gene expression of CPS-1 or PEPCK in the rearing ($P > 0.10$). The supply of multiple supplements in the rearing does not improve the productive response, body development, nutritional status and metabolic status in beef heifers on tropical pastures.

INTRODUÇÃO GERAL

Na bovinocultura de corte as fêmeas são a base do sistema produtivo; por isso, atenção especial deve ser dada a esta categoria para que não haja comprometimento nas fases seguintes do sistema de produção de carne. O manejo nutricional adequado das fêmeas tem impacto no progresso e nos objetivos do sistema produtivo, sendo importante para obtenção de melhores taxas de prenhez e de desenvolvimento das crias. Assim, o objetivo teórico para uma produção satisfatória seria produzir e desmamar um bezerro por vaca por ano (Gottschall, 2008).

A nutrição influencia a atividade reprodutiva, através da provisão de nutrientes específicos necessários no processo de ovulação, fertilização, sobrevivência e desenvolvimento embrionário. O desempenho reprodutivo das vacas de corte está diretamente associado às características produtivas, como o peso corporal e escore de condição corporal (ECC) (Selk et al. 1988; Morrison et al. 1999). Além disso, a nutrição tem um impacto indireto na circulação de hormônios e metabólitos que são necessários nesses processos (Robinson et al. 2006). Estima-se que 50% das vacas de corte em sistemas extensivos não recebem manejo nutricional adequado (Madureira et al. 2014).

Por outro lado, na cadeia produtiva, as fêmeas em crescimento constituem o futuro do sistema produtivo. Portanto, o desenvolvimento de novilhas para reposição que apresentem ótima taxa de crescimento e promova a puberdade antes da estação de monta é um componente crítico do sistema de produção de bovinos de corte (Grings et al. 2007). As novilhas de reposição são necessárias para manter o tamanho do rebanho estável com manutenção da eficiência de produtiva (Bagley, 1993). Esta eficiência de produção pode estar associada ao desempenho reprodutivo e a capacidade de desmamar maior número de bezerros ao longo da vida útil, aumentando assim a produtividade da pecuária de corte (Pereira, 2000; Eimerick et al. 2009).

O acasalamento de novilhas aos 14 meses de idade tem como objetivo reduzir os requerimentos para a reposição animal, eliminar categorias improdutivas e diminuir o intervalo geracional (Nogueira, 2004). Animais que parem com 2 anos de idade têm maior potencial de produção ao longo da vida do que as novilhas que parem em idades mais avançadas.

Tradicionalmente, recomendações têm sido estabelecidas para que as novilhas sejam alimentadas para atingir 60 a 65% do seu peso corporal à maturidade esperado no início da estação de acasalamento (Patterson et al. 1992). De acordo com isso, a taxa de crescimento, tanto antes como após o desmame, poderia influenciar no desempenho produtivo (Rodríguez-Sánchez & Casasús, 2014).

Nesse sentido, estratégias de suplementação que envolvam o fornecimento de proteína e energia para fêmeas bovinas de corte, particularmente aquelas pastagens de forragens tropicais e subtropicais (Mass, 1987; Moore et al. 1991), podem otimizar o consumo e utilização da fibra, melhorando, portanto, o desempenho animal.

Neste sentido, estudos foram realizados visando:

- 1 - Avaliar os efeitos da suplementação estratégica nos períodos pré-parto e pós-parto sobre a resposta produtiva e *status* metabólico em vacas corte em pastagem tropical.
- 2 - Avaliar os efeitos da suplementação estratégica no período de cria sobre a resposta produtiva, desenvolvimento corporal, *status* nutricional e metabólico em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical.
- 3 - Avaliar os efeitos da suplementação estratégica no período de recria sobre a resposta produtiva, desenvolvimento corporal, *status* nutricional e metabólico em novilhas de corte em pastagem tropical.

REFERÊNCIAS

- Bagley CP (1993) Nutritional management of replacement beef heifers: A review. *Journal Animal Science* **71**, 3155–3163.
- Eimerick LL, Dias JC, Gonçalves PEM, Martins JAM, Leite TG, Andrade VJ, Vale Filho VR (2009) aspectos relevantes sobre a puberdade em fêmeas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal* **33**, 11-19.
- Gottschall CS (2008) Indicadores de Produtividade em Rebanhos de Bovinos de Corte e Leite. In: Bovinocultura – PROMEVET – Programa de Atualização em Medicina Veterinária. Artmed/ Panamericana Editora Ltda, 1ª ed. Porto Alegre. v. 1, p. 11-49.
- Grings EE, Geary TW, Short RE, Macneil MD (2007) Beef heifer development within three calving systems. *Journal Animal Science* **85**, 2048-2058.
- Madureira ED, Maturana Filho M, Lemes KM, Silva JC (2014) Análise crítica de fatores que interferem na fertilidade de vacas zebuínas. In ‘*Proceedings of 9th Symposium of Beef Cattle Production*’ (Departamento de Zootecnia – UFV: Viçosa), p. 367-400.
- Mass J (1987) Relationship between nutrition and reproduction in beef cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* **3**, 633–646.
- Moore JE, Kunkle WE, Brown WF (1991) Forage quality and the need for protein and energy supplements. *Annu. Florida Beef Cattle Short Course Proc. Univ. of Florida, Gainesville* **40**, 113-123.
- Morrison DG, Spitzer JC, Perkins JL (1999) Influence of prepartum body condition score change on reproduction in multiparous beef cows calving in moderate body condition. *Journal Animal Science* **77**, 1048–1054.
- Nogueira GP (2004) Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle, *Animal Reproduction Science* **82**, 361–372.

- Patterson DJ, Perry RC, Kiracofe GH, Bellows RA, Staigmiller RB, Corah LR (1992) Management considerations in heifer development and puberty. *Journal Animal Science* **70**, 4018–4035.
- Pereira JCC (2000) Contribuição genética do Zebu na pecuária bovina do Brasil. *Informe Agropecuário* **21**, 30-38.
- Robinson JJ, Ashworth CJ, Rooke JÁ, Mitchell LM, Mcevoy TG (2006) Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science Technology* **126**, 256-276.
- Rodríguez-sánchez JA, Casasús I (2014) Effects of nutrition level during lactation and rearing periods on growth patterns, puberty onset and fertility rate in beef heifers. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science* **65**, 191-195.
- Selk GE, Wettemann RP, Lusby KS, Oltjen JW, Mobley SL, Rasby RJ, Garmendia JC (1988) Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *Journal Animal Science* **66**, 3153–3159.

CAPÍTULO 1

SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA NO PRÉ-PARTO E PÓS-PARTO PARA VACAS DE CORTE EM PASTAGEM TROPICAL: RESPOSTA PRODUTIVA E STATUS METABÓLICO

RESUMO. Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica nos períodos pré-parto e pós-parto sobre a resposta produtiva e *status* metabólico em vacas corte em pastagem tropical. Foram utilizadas 48 vacas Nelore multíparas com média inicial de $6,4 \pm 0,42$ meses de gestação, $514,9 \pm 8,9$ kg de peso corporal (PC) e $5,4 \pm 0,14$ (na escala de 1 – 9) de escore de condição corporal (ECC), em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2. Os tratamentos aplicados foram: MM - não suplementado durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS - suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM - suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS - suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. Vacas suplementadas durante o pré-parto apresentaram aumento no PC e ganho médio diário no pré-parto e PC, ECC e área de olho de lombo no pós-parto ($P < 0,10$). A suplementação durante o pós-parto incrementou o ECC das matrizes no final do experimento ($P < 0,10$). O PC da progênie de matrizes suplementadas tanto no pré-parto quanto no pós-parto foi maior ($P < 0,10$). Vacas suplementadas apresentaram maiores concentrações de nitrogênio ureico sérico (NUS) e menos níveis de ácidos graxos não esterificados e β - hidroxibutirato ao longo do experimento. Por outro lado, matrizes suplementadas no pré-parto apresentaram maiores concentrações de proteínas totais e globulinas no pós-parto. Por sua vez, níveis séricos de glicose foram menores em vacas suplementadas aos sete dias pós-parto ($P < 0,10$). A suplementação estratégica durante os períodos pré-parto e pós-parto para vacas de corte em pastagem tropical melhora a resposta produtiva e *status* metabólico.

Palavras-chave: bovinos de corte, *Brachiaria decumbens*, suplemento, desempenho

INTRODUÇÃO

Em condições tropicais, o desempenho de vacas de corte a pasto depende das características da forragem. Contudo, a forragem não representa uma dieta equilibrada, pois apresenta limitações nutricionais que restringe o consumo e digestão do pasto e metabolizabilidade dos substratos absorvidos (Detmann et al. 2017). Assim, estima-se que 50% das vacas de corte em sistemas extensivos não recebem manejo nutricional adequado (Madureira et al. 2014).

Neste sentido, o baixo desempenho produtivo de vacas de corte no pré-parto e pós-parto está associado ao baixo consumo de nutrientes, reservas corporais limitadas (Lemenager et al. 1991), crescimento acelerado do feto no último terço da gestação e à produção de colostro e leite após o parto, o que aumenta as exigências nutricionais e intensidade do balanço energético negativo no pós-parto (Bell, 1995; Astessiano et al. 2013). Juntos, estes fatores conduzem a maior mobilização de reservas corporais.

Uma das alternativas para adequação da oferta de nutrientes e *status* nutricional é o desenvolvimento de estratégias que objetivem diminuir ou eliminar essas deficiências através de um programa de suplementação, uma vez que o *input* de nutrientes, especialmente proteico-energéticos, otimiza o consumo e utilização do substrato basal (pasto), particularmente para matrizes de corte em pastagens tropicais (Paulino et al. 2008).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica nos períodos pré-parto e pós-parto sobre a resposta produtiva e *status* metabólico em vacas de corte em pastagem tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pelo comitê de ética no uso de animais de produção (CEUAP) da Universidade Federal de Viçosa, MG - Brasil, sob protocolo número 017/2018.

Local

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Gado de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Viçosa-MG, Brasil, entre os meses de julho e dezembro, referente à época seca, transição seca-águas e águas. O experimento teve duração de 168 dias, dividido em dois períodos experimentais sequenciais: pré-parto e pós-parto de 84 dias cada. A área experimental foi localizada em região montanhosa, com 670 m de altitude e, apresentou temperatura média e valores de precipitação de 20,9°C e 609,6 mm (UFV-DEA, 2018), respectivamente. A área experimental foi constituída por 4 piquetes de 7 hectares cada, cobertos com *Brachiaria decumbens*, providos de bebedouros e cochos, sendo estes cobertos e com acesso pelos dois lados.

Animais, delineamento experimental, manejo e dietas

Foram utilizadas 48 vacas Nelore múltiparas com média inicial de 6,4±0,42 meses de gestação, 514,9±8,9 kg de PC e 5,4±0,14 (na escala de 1 – 9) ECC.

Os animais foram pesados no início do experimento e, em seguida, os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2, onde duas estratégias de suplementação foram avaliadas, não suplementado e suplementado, durante dois períodos, pré-parto e pós-parto, agrupando-se os animais que receberam o mesmo tratamento. Os tratamentos aplicados foram: MM – não suplementado durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS – suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM – suplementado com

1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS – suplementado com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. A formulação do suplemento múltiplo foi realçada através dos dados de composição de alimentos fornecidos pelo BR-CORTE 2,0 (Valadares Filho et al. 2010), com 25% de proteína bruta (PB) com base na matéria natural. Todos os animais receberam mistura mineral *ad libitum* e tiveram acesso irrestrito a água durante todo o experimento (Tabela 1).

Os animais foram submetidos a 14 dias de adaptação à dieta e à área experimental e submetidos ao controle de ecto e endoparasitas ao início do experimento e durante o período experimental quando necessário.

O suplemento foi fornecido diariamente às 10h00 em comedouros conjuntos em cada piquete. Os animais foram rotacionados entre os piquetes a cada 7 dias, de modo a evitar possíveis efeitos de piquete sobre os tratamentos. Como as avaliações foram focadas no desempenho individual (medidas individualmente coletadas), o animal foi considerado a unidade experimental, conforme recomendado por Detmann et al. (2016).

Mensurações e amostragens

Para avaliação do desempenho dos animais o PC sem jejum e ECC foram registrados no início do experimento (84 dias antes da data esperada de parto), 7 dias antes da data esperada de parto, ao parto e final do experimento (84 dias após o parto). O ECC foi avaliado por quatro avaliadores treinados, usando a escala de 1 – 9 como recomendado pelo National Research Council (1996). As pesagens foram realizadas às 06h00, exceto no dia do parto. Por sua vez, os bezerros foram pesados ao nascimento e aos 84 dias pós-parto.

Foi realizada coleta do pasto para quantificação da disponibilidade total de matéria seca (MS) e de matéria seca potencialmente digestível (MSpd) a cada 14 dias, através do

corte rente ao solo de quatro áreas delimitadas por um quadrado metálico de $0,5 \times 0,5$ m, selecionados aleatoriamente em cada piquete experimental. Após a coleta, cada amostra foi pesada e homogeneizada e a partir das amostras de cada piquete foi elaborada uma amostra composta. Essa amostra foi identificada, pesada e levada imediatamente à estufa com circulação forçada de ar a 60°C .

As amostras para avaliação qualitativa do pasto consumido pelos animais foram obtidas via simulação manual de pastejo a cada 14 dias. Essa amostra foi pesada e levada imediatamente à estufa com circulação forçada de ar a 60°C e moída em moinho de facas sequencialmente a 2 e 1 mm.

Amostras de sangue foram coletadas nos dias -30, -15, -7, 0, +7, +15, +30 e +60 em relação ao parto para quantificar a concentração de ureia, proteínas totais, albumina, globulinas, glicose, ácidos graxos não esterificados (NEFA) e β -hidroxibutirato (BHB). Além disso, foi realizada uma coleta de sangue no dia 60 pós-parto para mensuração dos níveis séricos de progesterona. As amostras de sangue foram coletadas pela manhã antes de fornecer o suplemento, via punção da veia jugular, com auxílio de tubos a vácuo, com gel separador e ativador de coagulação (BD Vacutainer[®] SST II Advance, São Paulo, Brasil) e tubos a vácuo com fluoreto de sódio e EDTA (BD Vacutainer[®] Fluoreto/EDTA, São Paulo, Brasil) como inibidor glicolítico e anticoagulante, respectivamente, para análise de glicose. O sangue foi imediatamente centrifugado a $3600 \times g$ por 20 minutos sendo o soro armazenado (-20°C).

Ao final do período pré-parto e pós-parto, correspondente a 7 dias antes da data prevista de parto e 7 dias antes do final do experimento, foi realizada mensuração da espessura de gordura subcutânea (EGS) e ganho de área de olho de lombo (AOL) por ultrassonografia, mensuradas sobre o músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12^a e 13^a

costelas (EGS_l e AOL) e, sobre a picanha (garupa) na P8 (EGS_g), para avaliar o *status* energético dos animais (deposição de tecido adiposo).

Para estimar a produção de leite das vacas, amostras de leite foram obtidas aos 45 dias pós-parto. As vacas foram separadas de seus bezerros às 18 horas. Às 06h00 do dia seguinte, as vacas foram ordenhadas imediatamente após a injeção de 2 ml de ocitocina (10 UI/mL; Ocitovet®, Vet & Cia Saúde Animal, São Paulo, Brasil) na artéria mamária e o leite produzido foi pesado imediatamente após a ordenha e, amostras de leite foram então coletadas em frascos individuais com capacidade para 50 mL, contendo como conservante duas pastilhas de bromopol. A hora exata em que cada vaca foi ordenhada foi registrada, e a produção de leite foi convertida para 24 horas (Valente et al. 2012).

Análises laboratoriais

Nas amostras de forragens e suplemento foram quantificados os teores de matéria seca (MS) (INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM) (INCT-CA N-001/1), proteína bruta (PB) (INCT-CA M-001/1), extrato etéreo (EE) (INCT-CA G-005/1), fibra em detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1) com as suas correções para cinzas (CIDN) (INCT-CA M-002/1) e proteínas (PIDN) (INCT-CA N-004/1) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-CA F-009/1) de acordo com Detmann et al. (2012). Nas amostras de forragem destinadas ao cálculo de disponibilidade de MS e MS_{pd} foram quantificados os teores de MS, FDN e FDNi, conforme descrito anteriormente.

A MS_{pd} foi estimada segundo a seguinte equação descrita por Paulino et al. (2008):

$$MS_{pd} = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi)$$

A quantificação dos carboidratos não fibrosos (CNF) foi realizada de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010):

$$\text{CNF} = 100 - [(\% \text{PB} - \% \text{PB urea} + \% \text{urea}) + \% \text{FDNcp} + \% \text{EE} + \% \text{MM}],$$

Em que: FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

Nas amostras de leite foram quantificadas as concentrações de proteína, gordura, lactose e sólidos totais por espectroscopia de infravermelho (Foss MilkoScan FT120, Hillerod, Dinamarca).

As concentrações de glicose (K082, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) e ureia (K056, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) foram quantificadas pelo método enzimático colorimétrico; proteínas totais (K031, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil), albumina (K040, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) e NEFA (FA115, Randox Laboratorios Ltd., Antrim, Reino Unido) pelo método colorimétrico e, BHB (RB1007, Randox Laboratorios Ltd., Antrim, Reino Unido) pelo método enzimático. O nitrogênio ureico no soro (NUS) foi estimado como 46,67 % do total de ureia sérica. Concentrações de globulinas foram calculados pela diferença entre proteínas totais e albumina. Foi usado um aparelho automático para bioquímica (Mindray BS-200E; Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co. Ltd.) para todas as análises. As concentrações de progesterona foram analisadas por quimioluminescência usando kits Beckman Coulter, Brea, USA (33550) e aparelho Access®, Inc., Brea, USA.

Análises estatísticas

O experimento foi conduzido e analisado em delineamento inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância adotando o peso corporal inicial como covariável. As análises de variância para as variáveis estudadas foram realizadas de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que, Y_{ij} : observações da variável dependente correspondente ao indivíduo j submetido ao tratamento i ; μ : média geral; T_i : efeito fixo do tratamento; ε_{ij} : erro aleatório, não observável, associado a cada observação j submetida ao tratamento i , pressuposto NID $(0, \sigma_e^2)$.

Para efeito das variáveis medidas durante o pré-parto, os efeitos dos tratamentos (2 tratamentos pré-parto) foram avaliados por meio de uma comparação simples entre vacas suplementadas e não suplementadas. Para as variáveis medidas durante o pós-parto, as somas de quadrados dos tratamentos (4 tratamentos) foram decompostas por intermédio de contrastes ortogonais (Steel et al. 1997), para testar a interação e os efeitos independentes da suplementação em esquema fatorial 2×2 . As concentrações séricas foram analisadas como medidas repetidas no tempo, sendo dia de coleta a variável repetida. A escolha da mais apropriada estrutura de covariância foi baseada no menor valor do critério de informação de Akaike corrigido. Para todos os procedimentos estatísticos foi utilizado o PROC MIXED do software SAS 9.4 (Statistical Analysis System, Inc., Cary, NC, USA) e adotou-se $\alpha = 0,10$ como nível crítico de probabilidade de erro tipo I.

RESULTADOS

Disponibilidade de forragem

A massa média geral de MS_{pd} no pré-parto e pós-parto foi de 3,44 (75,35 g/kg PC) e 3,15 (76,62 g/kg PC) t/há, respectivamente.

Desempenho e características de carcaça

No período pré-parto, as vacas suplementadas apresentaram aumento no PC e ganho médio diário (GMD) ($P < 0,10$) em comparação com vacas sem acesso ao suplemento múltiplo. Além disso, vacas recebendo suplemento múltiplo no período pré-

parto apresentaram maior PC e ECC ao parto. Contudo, não foi observado efeito ($P > 0,10$) da suplementação no pré-parto sobre o ECC, AOL, EGS/ ou EGSg no pré-parto ou PC dos bezerros ao nascimento (Tabela 2).

No período pós-parto, vacas suplementadas durante o pré-parto apresentaram PC, ECC e AOL maior ($P < 0,10$) quando comparadas com vacas não suplementadas durante o período pré-parto. Em contrapartida, a suplementação durante o período pré-parto não influenciou ($P > 0,10$) o GMD, EGS/, EGSg ou PC dos bezerros no final do experimento (Tabela 3).

Vacas recebendo suplemento múltiplo no período pós-parto apresentaram maior ECC e PC dos bezerros no final do experimento ($P < 0,10$). Contudo, a suplementação durante o pós-parto não foi suficiente ($P > 0,10$) para influenciar o PC, GMD, AOL, EGS/ ou EGSg no pós-parto (Tabela 2). Por sua vez, houve efeito de interação ($P < 0,10$) entre as quantidades de suplemento fornecidas no pré-parto e pós-parto sobre o PC dos bezerros no final do experimento, sendo maior o PC de bezerros de matrizes suplementadas tanto no pré-parto quanto no pós-parto. Entretanto, não foi detectada interação ($P > 0,10$) entre as quantidades de suplemento fornecidas no pré-parto e pós-parto sobre o PC, GMD, ECC, AOL, EGS/ ou EGSg no final do período experimental (Tabela 3).

Não foi detectado efeito ($P > 0,10$) das estratégias de suplementação no período pré-parto e/ou pós-parto sobre a produção e composição de leite das matrizes (Tabela 4).

Perfil metabólico

No período pré-parto, foi verificado efeito de interação ($P < 0,10$) entre tratamento e dia de coleta sobre as concentrações sanguíneas de NUS e NEFA (Tabela 3). Desta forma, vacas suplementadas apresentaram maiores e menores níveis de NUS e NEFA respectivamente, aos quinze e sete dias antes da data de parto quando comparadas com vacas não suplementação (Figura 1). Não obstante, não houve efeito de interação ($P >$

0,10) entre tratamento e dia de coleta sobre os níveis séricos de proteínas totais, albumina, globulinas, glicose ou BHB (Tabela 5). Por sua vez, matrizes suplementadas apresentaram menores concentrações séricas de BHB em comparação com matrizes não suplementadas ($P < 0,10$) (Tabela 5).

No pós-parto, foi observado efeito de interação ($P < 0,10$) entre tratamento e dia de coleta sobre as concentrações sanguíneas de NUS, proteínas totais, globulinas, glicose, NEFA e BHB (Tabela 6). Assim, as concentrações de NUS foram maiores em vacas com acesso a suplemento durante o período pós-parto. Por sua vez, níveis séricos de proteínas totais e globulinas foram maiores ao longo do pós-parto em matrizes que receberam suplemento múltiplo durante o pré-parto (Figura 2).

Os níveis séricos de NEFA foram maiores até o dia quinze em vacas sem acesso ao suplemento múltiplo durante o pós-parto, sendo observado incremento em todos os tratamentos no dia sessenta. Por outro lado, as concentrações sanguíneas de BHB foram maiores a partir de quinze pós-parto em matrizes que não receberam suplemento múltiplo em algum dos períodos avaliados (pré-parto ou pós-parto), sendo observado efeito de interação entre as quantidades de suplemento oferecidas no pré-parto e pós-parto. Por sua vez, concentrações séricas de glicose foram menores aos sete dias pós-parto em vacas que receberam suplemento múltiplo no pré-parto (Figura 3).

Não houve efeito ($P > 0,10$) da suplementação no pré-parto sobre os níveis séricos de progesterona no pós-parto. Contudo, houve incremento ($P < 0,10$) nos níveis sanguíneos de progesterona em vacas suplementadas durante o período pós-parto (Tabela 6).

Todos os metabólitos avaliados foram influenciados ($P < 0,10$) pelo dia de coleta (Tabela 5, 6; Figura 4).

DISCUSSÃO

A fim de associar a produção por animal e por área, foi sugerido o fornecimento de 4 a 5% do PC em MSpd (40 – 50 g MSpd/kg de PC) de forragem para desempenho animal satisfatório de bovinos em pastejo (Paulino et al. 2008). O conceito de MSpd integra a disponibilidade e qualidade da forragem, independente da época do ano. A massa média geral de MSpd no pré-parto e no pós-parto, situou-se acima das recomendações de Paulino et al. (2008), sugerindo que a disponibilidade de forragem não limitou a resposta produtiva dos animais.

A porcentagem de PB da forragem no pré-parto e pós-parto, encontrou-se acima do limite crítico de 8% necessário para a utilização adequada da fibra (Lazzarini et al. 2009). Entretanto, estes valores foram menores que 10%, nível ótimo para o uso de substratos energéticos da forragem, justificando a suplementação com compostos nitrogenados no pré-parto e pós-parto visando otimizar a utilização da forragem e, conseqüentemente o desempenho animal (Sampaio et al. 2009).

O melhor desempenho animal no pré-parto e pós-parto foi provavelmente resultado do consumo de suplemento múltiplo no pré-parto, uma vez que vacas com acesso ao suplemento neste período apresentaram PC maior ao longo do experimento. Assim, este comportamento pode indicar os benefícios do fornecimento de suplemento múltiplo para vacas de corte a partir do último terço da gestação até 84 dias pós-parto, melhorando o suprimento de nutrientes, principalmente proteína e energia, o que possivelmente levou à adequação da relação energia:proteína da dieta e maior uso da energia presente na forragem (Paulino et al. 2004; Cardenas, 2017; Almeida, 2017; Sotelo et al. 2018).

Por outro lado, o maior fornecimento de nutrientes durante o final da gestação não foi suficiente para melhorar o desenvolvimento fetal, uma vez que o PC dos bezerros ao nascimento foi similar entre os tratamentos. Vários autores reportam incremento no

desempenho de vacas de corte no pré-parto, associado ao desenvolvimento fetal. Contudo, no pós-parto não observaram aumentos na resposta produtiva em vacas de corte suplementadas em condições tropicais (Lopes et al. 2016; Silva et al. 2017a; Almeida, 2017; Sotelo et al. 2018).

A suplementação não promoveu mudanças suficientes para favorecer a deposição de gordura no pré-parto, o que explicaria o ECC, EGS_I e EGS_g observado no pré-parto (Silva et al. 2017b; Cardenas, 2017; Moura, 2018). No entanto, o aumento no ECC do parto até o final do período experimental de matrizes com acesso ao suplemento, indica incremento na deposição de tecido adiposo. Por outro lado, as maiores concentrações de NEFA e BHB observadas no presente estudo em vacas não suplementadas, sugerem maior grau de mobilização de reservas corporais nestes animais, sendo consequência do menor consumo de nutrientes e aumento progressivo na demanda por energia para produção de colostro e leite durante a lactação (Bell, 1980; Baird, 1982). Almeida (2017) observou aumento no ECC em vacas de corte suplementadas durante os períodos pré-parto e/ou pós-parto.

Segundo Wettemann et al. (2002) as reservas corporais de energia ao parto são os fatores mais importantes no intervalo parto-concepção em vacas de corte. Desta forma, vacas com ECC maior que 5 ao parto, diminuem o número de dias do parto ao primeiro estro e ovulação entre 15 - 35% em relação a vacas com ECC menor que 5 (Looper et al. 1997; Lents et al. 2000). No presente estudo, contrário ao observado para animais sem acesso ao suplemento múltiplo, vacas suplementadas durante o pré e/ou pós-parto apresentaram ECC a partir do parto maior às recomendações de Looper et al. (1997) e Lents et al. (2000), sugerindo possibilidade de incremento na resposta reprodutiva, sendo condizente com o incremento nas concentrações séricas de progesterona.

Por sua vez, a síntese de progesterona pelos tecidos ovarianos é influenciada por vários hormônios associados à ingestão de energia (Spicer et al. 1993); portanto, o melhor *status* energético das matrizes suplementadas possivelmente levou a aumento na síntese de progesterona, sugerindo uma maior atividade luteal (Martin et al. 2010), o que está relacionado com a resposta observada nos indicadores do *status* energético avaliados no presente estudo. Sob outra perspectiva, nas matrizes que apresentaram menor *status* energético, o aumento nas concentrações de NEFA no sangue pode ter prejudicado diretamente a ciclicidade do ovário (Kendrick et al. 1999).

Glicose no sangue pode ser utilizada como indicador do *status* energético. Assim, os níveis observados no pré-parto, indicam *status* energético similar entre vacas suplementadas e não suplementadas, estando de acordo com as observações de Sotelo et al. (2018). Este resultado está em concordância com o ECC, AOL, EGS_I, EGS_g, NEFA e BHB observados durante o pré-parto. Por outro lado, a diminuição até sete dias antes da data de parto, coincide com o aumento nos níveis séricos de NEFA e BHB, sendo provavelmente devido à redução no consumo de alimento e maior demanda de energia para produção de leite, usando a glicose para a produção de lactose (Larson, 1985; Ferreira, 2018).

Por outro lado, o aumento da glicose no dia do parto pode ser causado pelo estresse do parto, em que há estímulo do catabolismo de glicogênio (Kolnes et al. 2015), a fim de minimizar o estresse, enquanto os glicocorticoides promovem a gliconeogênese hepática e, o músculo e tecido adiposo diminuem a captação e utilização da glicose (Foster, 1988; Ferreira, 2018). Da mesma forma, esta resposta fisiológica pode explicar as maiores concentrações de glicose na primeira semana de lactação em vacas que durante o pré-parto não tiveram acesso ao suplemento múltiplo, uma vez que os mecanismos

empregados para aumentar a disponibilidade de glicose durante o parto nestes animais, podem ter sido mais intensos e estender seus efeitos até a primeira semana de lactação.

Enquanto a ureia varia amplamente entre os dias e mesmo dentro de um dia, a albumina é um bom indicador do *status* proteico em longo prazo, devido ao fato de não ocorrer variação significativa dentro de um curto período (Fuhrman et al. 2004). Neste sentido, as maiores concentrações de NUS, proteínas totais, albumina e globulina resultaram do consumo de suplemento múltiplo e, portanto, de PB, sendo condizente com os resultados encontrados por Silva et al. (2017b) e Sotelo et al. (2018), o que indica maior *status* proteico em vacas recebendo suplemento múltiplo no pré-parto e/ou pós-parto (Sotelo et al. 2018). As concentrações de globulinas observadas durante o pós-parto, sugerem alteração na imunidade humoral e, conseqüentemente incremento nos níveis séricos deste metabólito (Titgemeyer e Löest, 2001).

CONCLUSÕES

Suplementação estratégica durante os períodos pré-parto e pós-parto para vacas de corte em pastagem tropical melhora a resposta produtiva e *status* metabólico.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro. À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia, por possibilitar a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

Almeida DM (2017) Effects of supplementation levels on performance and metabolic and nutritional characteristics of cows, suckling female calves and heifers on grazing. Tese (Doctorate in Animal Science) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- Astessiano AL, Perez-Clariget R, Espasandin AC, Lopez-Mazz C, Soca P, Carriquiry M (2013) Metabolic, productive and reproductive responses to postpartum short-term supplementation in primiparous beef cows. *Revista Brasileira de Zootecnia* **42**, 246–253.
- Baird GD (1982) Primary ketosis in the high-producing dairy cow: clinical and subclinical disorders, treatment, prevention, and outlook. *Journal of Dairy Science* **65**, 1–10.
- Bell AW (1980) Lipid metabolism in liver and selected tissues and in the whole body of ruminant animals. *Progress in Lipid Research* **18**, 117–164.
- Bell AW (1995) Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science* **73**, 2804–2819.
- Cardenas JEG (2017) Nutritional and metabolic evaluation of nellore cows supplemented or not during the peripartum. Thesis (Doctorate in Animal Science) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Detmann E, Batista ED, Silva TE. et al. (2017) Nutrição de bovinos de corte sob sistema de pastejo com foco na eficiência de utilização de nitrogênio. In: Simpósio de Pecuária de Corte, **11**, Lavras. Anais ... Lavras: DZO-UFLA, p. 43-72.
- Detmann E, Gionbelli MP, Paulino MF, Valadares Filho SC, Rennó LN (2016) Considerations on research methods applied to ruminants under grazing. *Nutritime* **13**, 4711–4731.
- Detmann E, Souza MA de S, Valadares Filho S de C, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba E de OS, Cabral L da S, Pina D dos S, Ladeira MM, Azevedo JAG (2012) ‘Métodos para análise de alimentos INCT – Ciência Animal.’ (E Detmann, Ed.). (Suprema Gráfica: Visconde do Rio Branco, MG).

- Detmann, E, Valadares Filho SC (2010) On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **62**, 980-984.
- Ferreira MFL (2018) Performance, metabolic and hormonal responses on peripartum of grazing beef cattle supplemented on pre-partum. Dissertation (Masters in Animal Science) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Foster LA (1988) Clinical ketosis. *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice* **4**, 253–267.
- Fuhrman MP, Charney P, Mueller CM (2004) Hepatic proteins and nutrition assessment. *Journal of the American Dietetic Association* **104**, 1258–1264.
- Kendrick KW, Bailey TL, Garst AS, Pryor AW, Ahmadzadeh A, Akers RM, Eyestone WE, Pearson RE, Gwazdauskas FC (1999) Effects of energy balance on hormones, ovarian activity, and recovered oocytes in lactating Holstein cows using transvaginal follicular aspiration. *Journal of Dairy Science* **82**, 1731–1740.
- Kolnes AJ, Birk JB, Eilertsen E, Stuenkel JT, Wojtaszewski JF, Jensen J (2015) Epinephrine-stimulated glycogen breakdown activates glycogen synthase and increases insulin-stimulated glucose uptake in epitrochlearis muscles. *Am J Physiol Endocrinol Metab* **308**, 231-240.
- Larson BL (1985) Biosynthesis and cellular secretion of milk. In: B. L. Larson (Ed.) Lactation. Iowa State University Press, Ames. p.129-163.
- Lazzarini I, Detmann E, Sampaio CB, Paulino MF, Valadares Filho SC, de Souza MA, Oliveira FA (2009) Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia* **38**, 2021-2030.

- Lemenager RP, Funston RN, Moss GE (1991) Manipulating nutrition to enhance (optimize) reproduction. In 'Proceedings of the 2nd grazing livestock nutrition confederation'. (Eds FT McCollum, MB Judkins) pp. 13–31. (Oklahoma Agricultural Experiment Station: Stillwater, OK).
- Lents CA, White FJ, Lalman DL, Wettemann RP (2000) Effects of body condition of beef cows at calving and protein supplementation on estrous behavior and follicle size. *Okla. Agric. Exp. Sta. Res. Rep.* **980**:164–168.
- Looper ML, Lents CA, Vizcarra JA, Wettemann RP (1997) Effects of body condition on luteal activity and estrus in postpartum beef cows. *Okla. Agr. Exp. Sta. Rep.* P-958:159-162.
- Lopes AS, Paulino MF, Detmann E, Rennól LN, Valente EEL, Cabral CHA, Carvalho VV, Lima JAC, Manso MR, Bonfá HC (2016). Evaluation of grazing beef cows receiving supplements with different protein contents. *Semina: Ciências Agrárias* **37**, 3361-3372.
- Madureira ED, Maturana Filho M, Lemes KM, Silva JC (2014) Análise crítica de fatores que interferem na fertilidade de vacas zebuínas. In '*Proceedings of 9th Symposium of Beef Cattle Production*' (Departamento de Zootecnia – UFV: Viçosa), p. 367-400.
- Martin AD, Lystad ML, Reksen O, Ropstad E, Waldmann A, Nafstad O, Karlberg K (2010) Assessment of progesterone profiles and postpartum onset of luteal activity in spring calving Hereford beef suckler cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica* **52**, 42.
- Moura FH (2018) Effects of energy-protein supplementation frequency on performance of primiparous grazing beef cows during pre and postpartum. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- National Research Council (NRC) (1996) 'Nutrients requirements of beef cattle.' (National Academy Press: Washington, DC).

- Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC (2008) Bovinocultura funcional nos trópicos. In: SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE PRODUCTION, 7, Viçosa, MG. *Proceedings...* Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, UFV, 2008. p. 275-305.
- Paulino MF, Figueiredo DM, Moraes EHBK, Porto MO, Sales, MFL, Acedo TS, Villela SDJ, Valadares Filho SC (2004) Cattle supplementation in pasture: A systemic view. in: proceedings of the symposium on beef cattle production, **Anais...** Viçosa, Brazil, p.93-139.
- Sampaio CB, Detmann E, Lazzarini I, et al. (2009) Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia* **38**, 560-569, 2009.
- Silva AG, Paulino MF, Detmann E, Fernandes HJ, Amorim LS, Ortega RM, Carvalho VV, Lima JAC, Moura FH, Monteiro MB, Bitencourt JA (2017a) Energetic-protein supplementation in the last 60 days of gestation improves performance of beef cows grazing tropical pastures. *Journal of Animal Science and Biotechnology* **8**, 78-86.
- Silva AG, Paulino MF, Amorim LS, Detmann E, Renno LN, Duarte MS, Moura FH, Melo LP, Paiva PH, Manso MR, Carvalho VV (2017b) Weight, body condition, milk production, and metabolismo of Nellore cows when their calves are submitted to different supplementation levels. *Tropical Animal Health and Production* **49**, 383–387.
- Sotelo D, Paulino MF, Rennó LN, Detmann E, Ortega RM, Marquez DC, Martins LS, Almeida DM, Lima JAC, Moura F.H (2018) Performance and metabolic status of grazing beef heifers receiving increasing protein supplementation pre- and postpartum. *Animal Production Science*.
- Spicer LJ, Alpizar E, Echtenkamp SE (1993) Effects of insulin, insulin-like growth factor I, and gonadotropins on bovine granulosa cell proliferation, progesterone

- production, estradiol production, and(or) insulin-like growth factor I production *in vitro*. *Journal of Animal Science* **71**, 1232–1241.
- Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA (1997) *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. 3th ed. New York: McGraw Hill Co, p. 666.
- Sletmoen-olson, k.e.; caton, j.s.; olson, k.c.; redmer, d.a.; kirsch, j. d.; reynolds, L. P. 2000. Undegraded intake protein supplementation: II. effects on plasma hormone and metabolite concentrations in periparturient beef cows fed low-quality hay during gestation and lactation. *Journal of Animal Science* **78**, 456-463.
- Titgemeyer E, Löest C (2001) Amino acid nutrition: Demand and supply in forage-fed ruminants. *Journal of Animal Science* **79**: E180-E189.
- Universidade Federal de Viçosa – UFV (2018) Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. *Boletim meteorológico 2018*. Viçosa.
- Valente EL, Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC, Barros LV, Cabral CA, Silva AG, Duarte MS (2012) Strategies of supplementation of female suckling calves and nutrition parameters of beef cows on tropical pasture. *Tropical Animal Health and Production* **44**, 1803–1811.
- Wettemann RP, Lents CA, Ciccioli NH, White FJ, Rubio I (2002) Nutritional- and preweaning- mediated anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science* 81(E. Suppl. 2), E48- E59.

TABELAS

Tabela 1- Composição química e percentual do suplemento e da forragem

Item	Suplemento	Forragem pré-parto ³	Forragem pós-parto ³
Ingredientes % (dieta basal)			
Grão de milho moído	50	-	-
Farelo de trigo	27	-	-
Farelo de soja	20	-	-
Ureia:sulfato de amônia (9:1)	3	-	-
Mistura mineral ¹	-	-	-
Composição química (g/kg MS)			
Matéria seca	883,6	812,9 ± 0,15	896,1 ± 1,82
Matéria orgânica	968,3	928,2 ± 0,54	919,1 ± 1,00
Proteína bruta	249,8	89,2 ± 0,43	89,6 ± 0,64
Extrato etéreo	29,3	20,4 ± 0,06	17,2 ± 0,07
Carboidratos não fibrosos	497,3	150,3 ± 0,51	123,2 ± 0,82
FDNcp ²	191,9	668,3 ± 5,02	689,1 ± 5,78
FDN indigestível	56,1	156,4 ± 0,32	153,8 ± 0,28

¹/Composição percentual: fosfato bicálcico, 50,00; cloreto de sódio, 47,19; sulfato de zinco, 1,50; sulfato de cobre, 0,70; sulfato de cobalto, 0,05; iodato de potássio, 0,05; selenito de sódio, 0,01; e sulfato de manganês: 0,5. ²/FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. ³/ amostras obtidas via simulação manual de pastejo.

Tabela 2 - Desempenho produtivo de vacas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no pré-parto

Item ¹	Tratamentos ²		EPM ³	Valor- <i>P</i>
	Não suplementado	Suplementado		
84 dias pré-parto				
PC	514,5	521,2	13,08	0,717
ECC	5,6	5,2	0,16	0,262
7 dias pré-parto				
PC	501,7	535,6	11,69	0,046
GMD	-0,167	0,186	0,0452	<0,001
ECC	5,4	5,6	0,11	0,337
AOL	46,5	48,6	1,39	0,388
EGS _l	4,9	3,9	0,60	0,335
EGS _g	6,6	5,4	0,72	0,380
Parto				
PC	473,4	513,3	11,65	0,019
ECC	5,2	5,7	0,141	0,009
PCB	33,8	35,3	1,00	0,318

^{1/}PC: peso corporal; ECC: escore de condição corporal; GMD: ganho médio diário; AOL: área de olho de lombo; EGS_l: espessura de gordura subcutânea sobre o músculo *Longissimus dorsi*; EGS_g: espessura de gordura subcutânea na garupa; PCB: PC do bezerro. ^{2/}Não suplementado: vacas recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado: vacas recebendo 1,5 kg/dia de suplemento múltiplo. ^{3/} EPM: erro padrão da media.

Tabela 3 - Desempenho produtivo de vacas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no pré-parto e pós-parto

Item ¹	Tratamentos ²				EPM ³	(Valor-P) ⁴		
	MM	MMPS	PRMM	PRPS		PR	PS	PR × PS
PC	463,3	487,4	500,4	509,2	16,43	0,086	0,332	0,65
GMD	-0,057	0,099	-0,130	-0,065	0,0720	0,114	0,139	0,543
ECC	4,4	5,2	5,5	5,7	0,19	<0,001	0,025	0,153
AOL	45,6	48,5	51,2	50,0	1,85	0,064	0,643	0,286
EGS _l	4,2	4,5	4,0	4,1	0,66	0,683	0,701	0,911
EGS _g	5,5	6,1	6,1	6,2	0,79	0,677	0,679	0,699
PCB	90,9	89,1	78,7	100,6	4,15	0,935	0,023	0,008

¹PC: peso corporal; GMD: ganho médio diário; ECC: escore de condição corporal; AOL: área de olho de lombo; EGS_l: espessura de gordura subcutânea sobre o músculo *Longissimus dorsi*; EGS_g: espessura de gordura subcutânea na garupa; PCB: PC do bezerro. ²MM: não suplementados durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. ³EPM: erro padrão da média. ⁴PR: efeito da suplementação no período pré-parto; PS: efeito da suplementação no período pós-parto; PR × PS: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecidas no pré-parto e pós-parto.

Tabela 4 - Produção e composição de leite de vacas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no pré-parto e pós-parto

Item	Tratamentos ¹				EPM ²	(Valor-P) ³		
	MM		PR			PR	PS	PR × PS
	MM	PS	MM	PS				
	kg/dia							
Leite	7,7	8	7,8	8	0,71	0,977	0,78	0,927
	g/kg							
Gordura	4,89	5,38	4,67	4,98	0,831	0,71	0,631	0,919
Proteína	3,08	3,09	3,02	2,93	0,084	0,193	0,612	0,635
Lactose	4,53	4,44	4,51	4,37	0,094	0,626	0,233	0,781
Sólidos totais	13,29	14,18	13,54	13,47	0,785	0,773	0,609	0,551

¹MM: não suplementados durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. ²EPM: erro padrão da média. ³PR: efeito da suplementação no período pré-parto; PS: efeito da suplementação no período pós-parto; PR × PS: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecidas no pré-parto e pós-parto.

Tabela 5 - Perfil metabólico em vacas de coorte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no pré-parto

Item ¹	Tratamentos ²		EPM ³	(Valor-P) ⁴		
	Não suplementado	Suplementado		T	D	T × D
NUS (mg/dL)	11,8	15,3	1,02	0,132	<0,001	0,001
Proteínas totais (g/dL)	7,07	7,09	0,117	0,885	0,001	0,521
Albumina (g/dL)	3,33	3,28	0,035	0,252	0,010	0,645
Globulinas (g/dL)	3,73	3,81	0,126	0,647	<0,001	0,487
Glicose (mg/dL)	63,9	62,6	1,2	0,536	<0,001	0,293
NEFA (mmol/L)	0,61	0,38	0,041	0,039	<0,001	<0,001
BHB (mmol/L)	0,63	0,51	0,034	0,082	<0,001	0,415

¹NUS: nitrogênio ureico sérico; NEFA: ácidos graxos não esterificados; BHB: β-hidroxibutirato. ²Não suplementado: vacas recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; Suplementado: vacas recebendo 1,5 kg/dia de suplemento múltiplo. ³ EPM: erro padrão da média. ⁴ T: efeito do tratamento aplicado; D: efeito do dia de coleta; T × D: efeito de interação entre tratamento e dia de coleta.

Tabela 6 - Perfil metabólico em vacas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no pré-parto e pós-parto

Item ¹	Tratamentos ²				EPM ³ ±	(Valor-P) ⁴				
	MM	MMPS	PRMM	PRPS		PR	PS	PR × PS	D	T × D
NUS (mg/dL)	9,6	12,2	10,4	12,7	0,54	0,225	<0,001	0,808	0,041	<0,001
Proteínas totais (g/dL)	7,09	7,04	7,57	7,40	0,162	0,018	0,513	0,702	<0,001	0,012
Albumina (g/dL)	3,25	3,26	3,29	3,35	0,026	0,027	0,214	0,486	0,013	0,553
Globulinas (g/dL)	3,84	3,78	4,28	4,05	0,165	0,05	0,41	0,626	0,005	0,035
Glicose (mg/dL)	66,2	64,6	64,0	61,7	1,21	0,042	0,113	0,747	<0,001	0,006
NEFA (mmol/L)	0,42	0,33	0,41	0,40	0,030	0,290	0,131	0,209	<0,001	0,004
BHB (mmol/L)	0,49	0,49	0,51	0,45	0,022	0,561	0,769	0,019	0,001	0,008
Progesterona (ng/mL)	1,50	5,51	2,47	5,63	1,434	0,705	0,018	0,768	-	-

¹NUS: nitrogênio ureico sérico; NEFA: ácidos graxos não esterificados; BHB: β-hidroxibutirato. ² MM: não suplementados durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS: suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. ³ EPM: erro padrão da média. ⁴ PR: efeito da suplementação no período pré-parto; PS: efeito da suplementação no período pós-parto; PR × PS: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecidas no pré-parto e pós-parto; D: efeito do dia de coleta; T × D: efeito de interação entre tratamento e dia de coleta.

FIGURAS

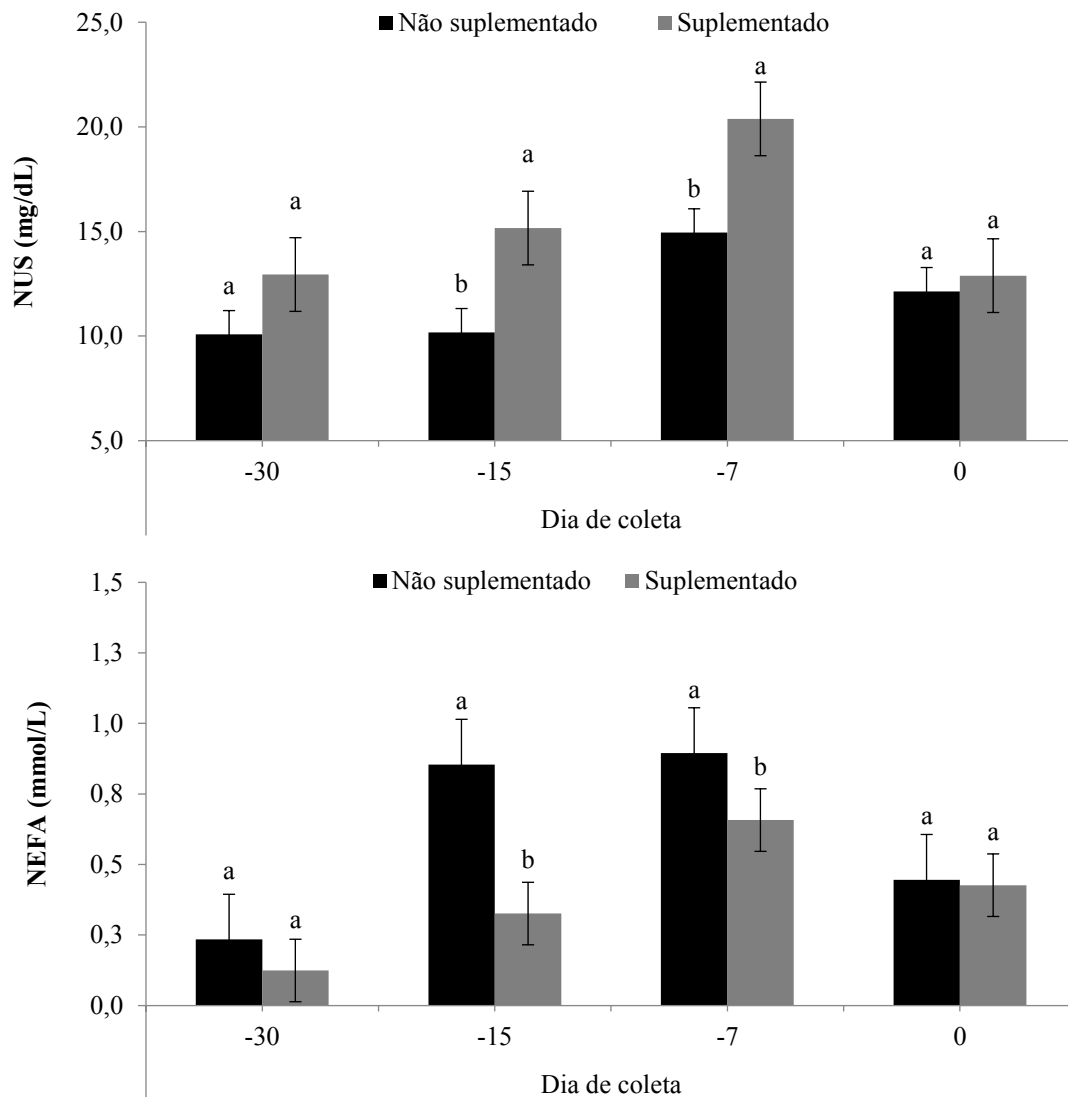


Figura 1. Concentrações séricas de nitrogênio ureico sérico (NUS) e ácidos graxos não esterificados (NEFA) no pré-parto em vacas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período pré-parto. Tratamentos aplicados: não suplementado: vacas recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado: vacas recebendo 1,5 kg/dia de suplemento múltiplo. Médias de tratamentos \times dias sem letras minúsculas comuns diferem ($P < 0,10$).

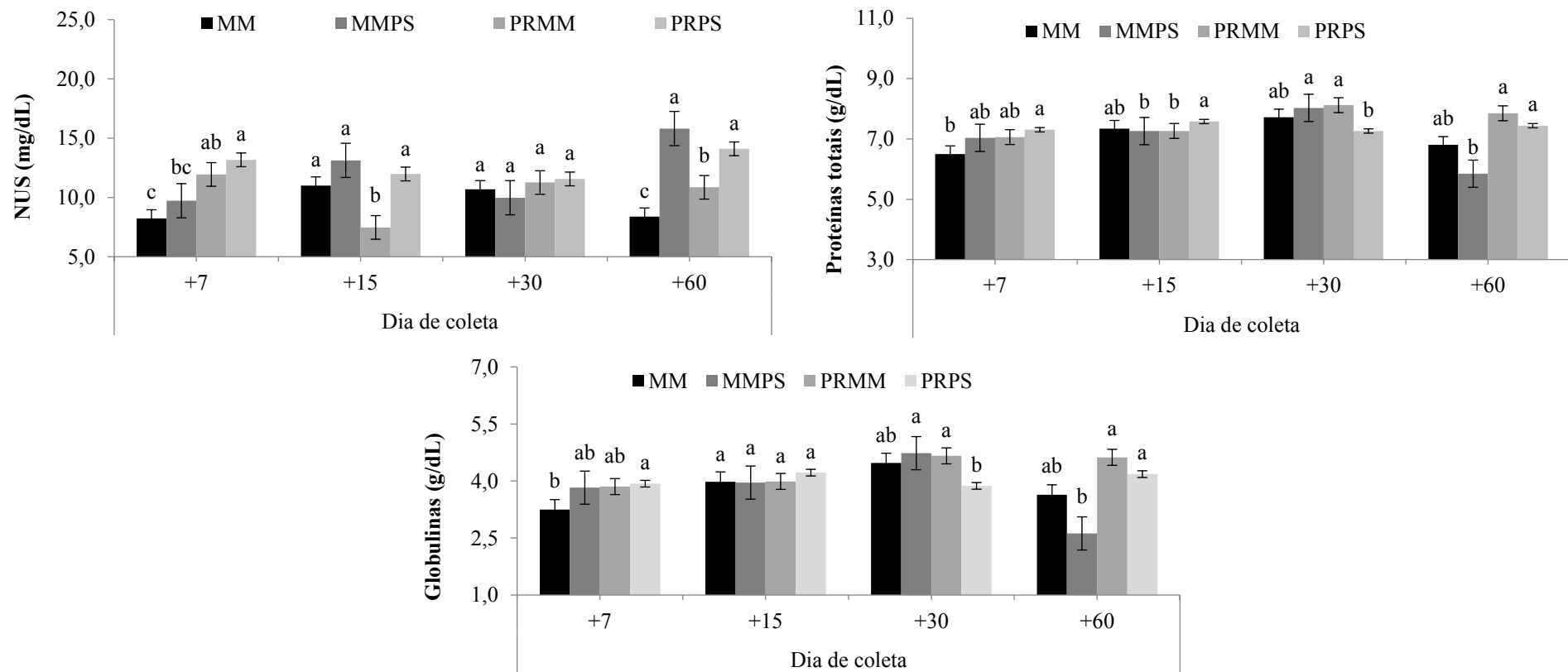


Figura 2. Concentrações séricas de nitrogênio ureico sérico (NUS), proteínas totais e globulinas no pós-parto em vacas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período pré-parto e pós-parto. Tratamentos aplicados: MM - não suplementados durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. Médias de tratamentos \times dias sem letras minúsculas comuns diferem ($P < 0,10$).

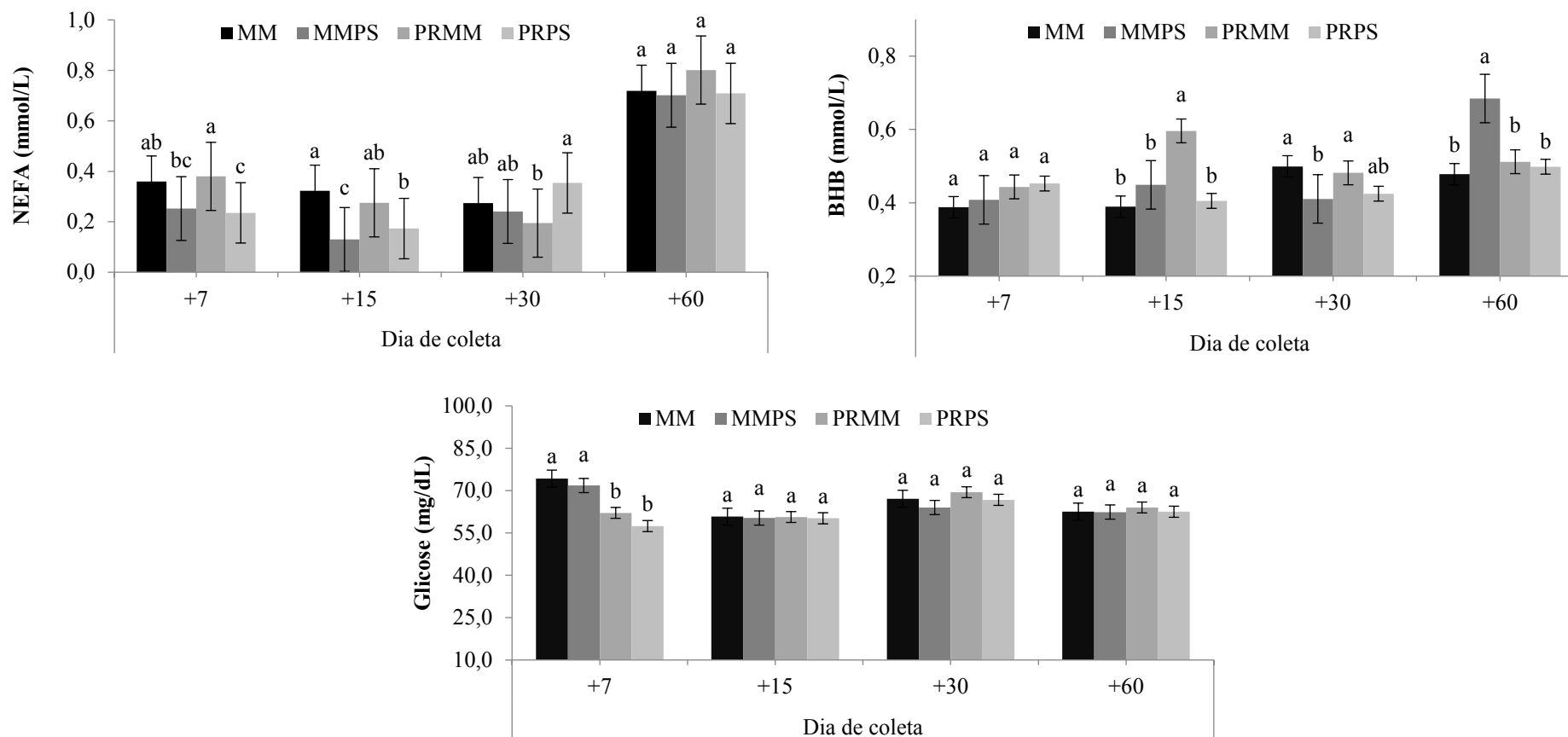


Figura 3. Concentrações séricas de ácidos graxos não esterificados (NEFA), β -hidroxibutirato (BHB) e glicose no pós-parto em vacas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período pré-parto e pós-parto. Tratamentos aplicados: MM - não suplementados durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. Médias de tratamentos \times dias sem letras minúsculas comuns diferem ($P < 0,10$).

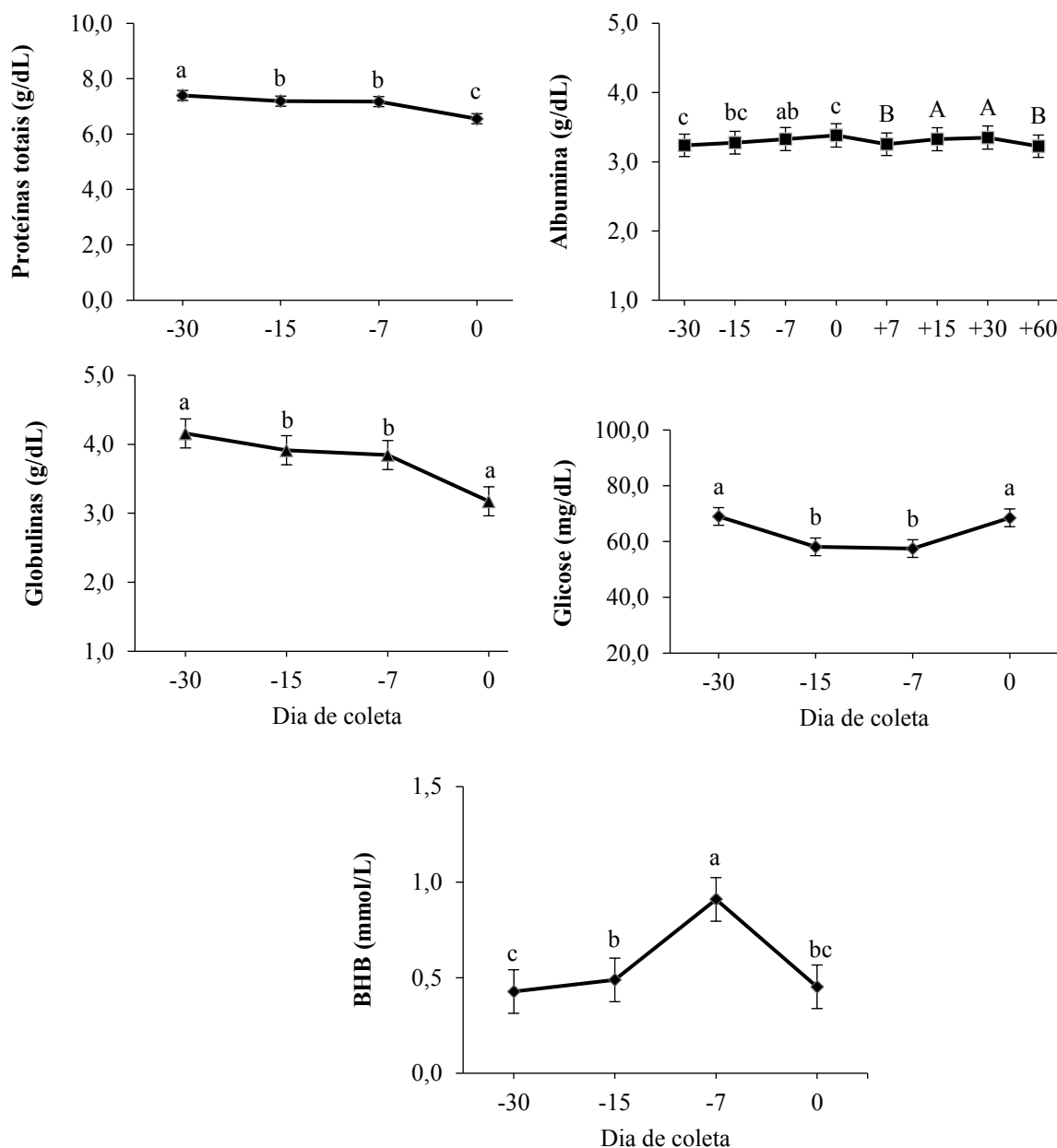


Figura 4. Concentrações de proteínas totais, albumina, globulinas, glicose e β -hidroxibutirato (BHB) em função do dia de coleta em vacas de corte recebendo suplementação estratégica no pré-parto e pós-parto. Tratamentos aplicados: MM - não suplementados durante os períodos pré-parto e pós-parto; MMPS - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo somente no pós-parto; PRMM - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo apenas no período pré-parto; PRPS - suplementados com 1,5 kg vaca/dia de suplemento múltiplo antes e após o parto. Médias de dias sem letras minúsculas (pré-parto) ou maiúsculas (pós-parto) comuns diferem ($P < 0.10$).

CAPÍTULO 2

SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA PARA BEZERRAS DE CORTE EM PASTAGEM TROPICAL: RESPOSTA PRODUTIVA, STATUS NUTRICIONAL E METABÓLICO

RESUMO. Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico de bezerras de corte lactentes em pastagem tropical. Foram utilizadas 56 bezerras de corte lactentes da raça Nelore com idades e pesos médios iniciais de $2,7 \pm 0,1$ meses e $115 \pm 2,3$ kg, respectivamente, e suas respectivas mães com peso médio inicial de $490 \pm 8,5$ kg, em delineamento inteiramente casualizado com 2 tratamentos. Os tratamentos aplicados foram: não suplementados e suplementados com 5 g/kg de PC. Houve incremento ($P < 0,10$) no consumo voluntário de matéria seca (MS), MS da forragem, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra indigestível em detergente neutro (FDN_i), matéria orgânica digerida (MOD), FDN_{cp} digerida (FDN_{cpD}) e, relação PB:MOD pelo fornecimento de suplemento. A suplementação aumentou a digestibilidade da MO, PB e MOD e, incrementou a produção de nitrogênio microbiano e excreção de nitrogênio ureico na urina (NUU; $P < 0,10$). Houve incremento nas concentrações de IGF-1, NUS, proteínas totais, albumina e globulinas ($P < 0,10$). Não foi observado efeito da suplementação sobre a expressão genica de carbamoil-fosfato sintetase -1 (CPS-1) ou fosfoenol-piruvato carboxiquinase (PEPCK) ($P > 0,10$). A suplementação aumentou o PC e ganho médio diário ao desmame ($P < 0,10$). A suplementação estratégica no sistema *creep-feeding* melhora a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical.

Palavras-chave: suplemento, forragem, *creep-feeding*, reciclagem de nitrogênio

INTRODUÇÃO

Durante o período de amamentação, bezerros de corte sob pastejo satisfazem suas necessidades nutricionais através de nutrientes provenientes do leite materno. No entanto, observa-se que após 65 - 90 dias de idade, a taxa de crescimento dos bezerros pode ser limitada pela produção de leite de suas mães e pela quantidade de energia e proteína no leite materno (Bartle et al. 1984; Henriques et al. al. 2011). Por outro lado, as forragens tropicais que constituem o substrato basal na dieta de bovinos no tropico, apresentam deficiências ou desequilíbrios nutricionais que podem limitar o consumo e digestibilidade do pasto e utilização dos substratos absorvidos (Paulino et al. 2008; Detmann et al. 2014a; 2017). Como consequência, o animal pode não ser capaz de obter taxa ótima de ganho de peso e, portanto, nutrientes suplementares podem ser necessários.

Nesse sentido, o fornecimento de suplemento múltiplo para bezerras de corte lactentes pode levar ao desmame de animais mais pesados e permitir o acasalamento das fêmeas em idades inferiores a 16 meses (Paulino et al. 2012). No entanto, há controvérsias nos resultados obtidos em diversos estudos em condições tropicais quanto ao aumento ou não do desempenho de bezerras suplementadas (Barros et al. 2014; Marquez et al. 2014; Silva et al. 2017a; Almeida et al. 2018; Ortega, 2018).

Assim, a identificação de estratégias que otimizem o desempenho produtivo durante o período de cria e, conseqüentemente, melhorem a rentabilidade do sistema de produção, tornam-se viáveis e necessárias (Paulino et al. 2012).

Com base no exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico de bezerras de corte lactentes em pastagem tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pelo comitê de ética no uso de animais de produção (CEUAP) da Universidade Federal de Viçosa, MG - Brasil, sob protocolo número 018/2018.

Local

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Gado de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Viçosa-MG, entre os meses de janeiro e junho, referente à época chuvosa e transição águas-seca. A área experimental foi localizada em região montanhosa, com 670 m de altitude e, apresentou temperatura média e valores de precipitação de 21,4°C e 598 mm, respectivamente (UFV-DEA, 2018). A área experimental foi constituída por 8 piquetes de 7 hectares cada, cobertos com *Brachiaria decumbens*, providos de bebedouros e cochos, sendo estes cobertos e com acesso privativo para as bezerras (*creep-feeding*).

Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizadas 56 bezerras de corte lactentes da raça Nelore com idades e pesos médios iniciais de 2,7±0,1 meses e 115±2,3 kg, respectivamente, e suas respectivas mães com peso médio inicial de 490±8,5 kg.

Os animais foram pesados no início do experimento após jejum alimentar de 14 horas e, em seguida, os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 2 tratamentos e 4 repetições. Durante o experimento o grupo de animais foi considerado a unidade experimental. Os tratamentos aplicados foram: não suplementados e suplementados com 5 g/kg do peso corporal. A formulação do suplemento múltiplo foi realizada através dos dados de composição de alimentos fornecidos pelo BR-CORTE 2,0 (Valadares Filho et al. 2010), com 30% de PB com base na matéria natural. O suplemento foi fornecido diariamente às 10h00 em comedouro

conjunto em cada piquete no sistema *creep-feeding*, para evitar o consumo de este pelas vacas, além de permitir o acesso simultâneo das bezerras. Todos os animais receberam mistura mineral *ad libitum* durante todo o experimento (Tabela 1).

Os animais foram submetidos a 14 dias de adaptação à dieta e à área experimental. No início do experimento todos os animais foram vacinados contra brucelose e clostridioses e submetidos ao controle de ecto e endoparasitas ao início do experimento e durante o período experimental quando necessário.

Ao quinto mês do período experimental (7,7 meses de idade) as bezerras foram desmamadas.

Ao longo do experimento os animais foram pesados a cada 30 dias sem jejum sempre pela manhã, para acompanhar o desempenho e ajustar a quantidade de suplemento a ser fornecida para cada grupo.

Mensurações e amostragens

Para avaliação do desempenho os animais foram pesados ao início e final do período experimental, ambos realizados após jejum alimentar de 14 horas.

Foi realizada coleta de pasto para quantificação da disponibilidade total de matéria seca (MS) e de matéria seca potencialmente digestível (MSpd) a cada 15 dias, através do corte rente ao solo de 4 áreas delimitadas por um quadrado metálico de $0,5 \times 0,5$ m, selecionados aleatoriamente em cada piquete experimental. Após a coleta, cada amostra foi pesada e homogeneizada e a partir das amostras de cada piquete foi elaborada uma amostra composta. Essa amostra foi identificada, pesada e levada imediatamente à estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas e moída sequencialmente em moinho de facas a 2 e 1 mm.

As amostras para avaliação qualitativa do pasto consumido pelos animais foram obtidas via simulação manual de pastejo a cada 15 dias. Essa amostra foi pesada e levada imediatamente à estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas e moída sequencialmente em moinho de facas a 2 e 1 mm.

Para estimação da produção média de leite das vacas, foram realizadas coletas aos 25, 70 e 125 dias após o início do experimento. As bezerras foram separadas das mães às 15h00 horas do dia anterior à coleta de leite; às 17h00 foram novamente colocadas junto das suas mães para que mamassem, sendo separadas novamente às 18h00 e permaneceram por um período de 12 horas alojadas em um curral com acesso à água. As vacas foram soltas em um pasto próximo e no dia seguinte às 06h00 foi realizada a ordenha mecânica das vacas após a aplicação de 2 ml de ocitocina. A produção diária de leite de cada vaca foi estimada como a produção do período (considerando-se a hora da separação das bezerras e a hora de ordenha de cada vaca), ajustada para 24 horas. A produção de leite foi corrigida para 4% de gordura (LCG 4%) de acordo com NRC (2001).

Após a pesagem do leite para estimação da produção, foram retiradas amostras de leite em coletores individuais, sendo acondicionado em frascos com capacidade para 50 mL, contendo como conservante duas pastilhas de bronopol e homogeneizadas por 15 segundos para análise de proteína, gordura, lactose e sólidos totais.

Para a avaliação das características nutricionais, a partir do 75º do período experimental foi realizado um ensaio de consumo e digestão. O ensaio teve duração de 9 dias, sendo 6 destinados para a adaptação dos animais aos indicadores. Para estimar a excreção fecal, foi fornecido 10 g de indicador de óxido de cromo (Cr_2O_3) por animal dia, acondicionado em cartuchos de papel e aplicado com auxílio de uma sonda metálica, via esôfago, sempre às 10h00. Para estimar o consumo individual de suplemento foi fornecido o dióxido de titânio (TiO_2) misturado no suplemento na proporção de 10 g de

indicador/kg de suplemento. Para estimar o consumo de MS total e MS de pasto foi utilizado como indicador interno a fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi).

Nos últimos 4 dias do ensaio, foram realizadas coletas de fezes em horários diferenciados: dia 6 - 18h00, dia 7 - 14h00, dia 8 - 10h00 e dia 9 - 6h00, respectivamente, visando obter amostras de fezes representativas de cada animal. As amostras de fezes foram coletadas imediatamente após a defecação ou diretamente no reto dos animais, em quantidades aproximadas de 200 g, foram identificadas por animal e secas em estufa com circulação forçada de ar (60°C/72 horas) e após a secagem, moídas sequencialmente em moinho de facas com peneiras de porosidade 2 e 1 mm.

No quinto dia do ensaio de digestibilidade foi realizada uma simulação manual de pastejo, individualmente em cada piquete, sendo estas amostras usadas para a estimação do consumo e dos coeficientes de digestibilidade.

Para avaliar a produção de proteína microbiana foram coletadas amostra “spot” de urina no ultimo dia do ensaio, em micção espontânea dos animais, realizadas aproximadamente 4 horas antes e após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, 10 mL de urina foram diluídos com 40 mL de H₂SO₄ (0,036 N) e congelados a -20° C para posterior avaliação dos teores de creatinina, ureia e derivados de purina.

No final do período de cria, simultaneamente às pesagens, medidas morfométricas foram realizadas para descrever o desenvolvimento corporal dos animais. Altura na cernelha, altura da garupa, largura da garupa, comprimento de garupa, perímetro torácico, arqueamento de costela e comprimento do corpo foram mensurados com auxílio de hipômetro e fita métrica.

Amostras de sangue foram coletadas nos dias 45, 90 e 135 do experimento para quantificar a concentração de glicose, triglicerídeos, nitrogênio ureico sérico (NUS),

proteínas totais, albumina e globulinas. Adicionalmente, no dia 135 do período experimental foram coletadas amostras de sangue para mensuração dos níveis séricos de fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1). As amostras de sangue foram coletadas pela manhã antes de fornecer o suplemento, via punção da veia jugular, com auxílio de tubos a vácuo, com gel separador e ativador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance, São Paulo, Brasil) e tubos a vácuo com fluoreto de sódio e EDTA (BD Vacutainer® Fluoreto/EDTA, São Paulo, Brasil) como inibidor glicolítico e anticoagulante, respectivamente, para análise de glicose. O sangue foi imediatamente centrifugado a $3600 \times g$ por 20 minutos sendo o soro armazenado (-20°C).

Paralelamente à coleta de sangue do dia 135 do experimento, foi realizada mensuração da espessura de gordura subcutânea (EGS) e área de olho de lombo (AOL) por ultrassonografia para avaliação das características de carcaça. As mensurações foram realizadas sobre o músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12^a e 13^a costelas (EGSl e AOL) e sobre a picanha (garupa) na P8 (EGSg), para avaliação do *status* energético dos animais (deposição de tecido adiposo). Para esta avaliação foi utilizado o ultrassom Aloka (modelo: SSD 500V, Aloka, Ltda., Tokio, Japan) com probe linear de 18 cm. As imagens foram analisadas no programa BioSoft Toolbox® II for beef (Biotronics Inc., Ames, Iowa, USA).

No dia 145^o do período experimental, foram selecionados aleatoriamente 12 animais de cada tratamento para realização de uma biopsia de fígado para análises de expressão gênica de carbamoil-fosfato sintetase 1 (CPS-1) e fosfoenol-piruvato carboxiquinase (PEPCK), enzimas envolvidas na ureogênese e gliconeogênese, respectivamente.

A biópsia de fígado foi realizada em uma área ao redor do 11º espaço intercostal do lado direito do animal, cruzando a linha úmero medial tubérculo coxal. Uma área de 5x5 cm da pele do animal foi depilada e limpa com álcool 70%. Em seguida foram injetados 10 mL de lidocaína a 2%. Após 10 min o álcool 70% foi reaplicado e uma incisão de 0,5 cm foi feita. Por essa incisão a biópsia foi realizada introduzindo uma agulha do tipo Tru-Cut de 2 mm de diâmetro e 15 cm de comprimento, a mesma foi inserida 3 vezes para obter a quantidade de amostra de fígado necessária. O tamanho e peso da amostra para esta análise foi de 0,5 cm e 200 mg, respectivamente. A amostra foi rapidamente coletada, devidamente limpa com álcool 70%, colocada em tubo criogênico graduado para 2 mL (TPP®, 89020) e imediatamente congelada e armazenada em nitrogênio líquido a -196°C até sua posterior análise.

Análises laboratoriais

Nas amostras de forragem, fezes e suplemento foram quantificados os teores de MS (INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM) (INCT-CA N-001/1), PB (INCT-CA M-001/1), extrato etéreo (EE) (INCT-CA G-005/1), fibra em detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1) com as suas correções para cinzas (CIDN) (INCT-CA M-002/1) e proteínas (PIDN) (INCT-CA N-004/1) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-CA F-009/1) de acordo com Detmann et al. (2012). Nas amostras de forragem destinadas ao cálculo de disponibilidade de MS e MSpd foram quantificados os teores de MS; FDN e FDNi, conforme descrito anteriormente.

A MSpd foi estimada segundo a seguinte equação descrita por Paulino et al. (2008):

$$\text{MSpd} = 0,98 \times (100 - \text{FDN}) + (\text{FDN} - \text{FDNi})$$

As amostras de fezes foram analisadas para concentração de cromo utilizando-se digestão nitroperclórica e espectrofotometria de absorção atômica (Souza et al. 2013) e dióxido de titânio por colorimetria (Titgemeyer et al. 2001a).

A excreção de matéria seca fecal foi estimada utilizando-se o indicador óxido crômico, sendo estimada com base na razão entre a quantidade do indicador fornecido e sua concentração nas fezes:

$$\text{Matéria Seca Fecal (g/dia)} = \frac{\text{Quantidade Fornecida do Indicador (g)}}{\text{Concentração do Indicador nas Fezes (\%)}} \times 100$$

O consumo individual de suplemento (CISup) foi estimado pela relação entre excreção de TiO₂ nas fezes e concentração do indicador no suplemento:

$$\text{CISup} = ((\text{EF} \times \text{CIFi}) / \text{IFG}) \times \text{SupFG}$$

CISup = consumo individual de suplemento (kg/dia); CIFi = concentração do indicador nas fezes do animal (kg/kg); IFG = indicador presente no suplemento fornecido ao grupo (kg/dia); SupFG = quantidade de suplemento fornecida ao grupo de animais (kg/dia).

O consumo de MS foi realizado empregando-se como indicador interno a FDNi, usando a seguinte equação:

$$\text{CMS (kg/dia)} = \{[(\text{EF} \times \text{CIF}) - \text{IS}] / \text{CIFO}\} + \text{CMSS}$$

em que: CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); CIFO = concentração do indicador na forragem (kg/kg); CMSS = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); e IS = consumo de indicador a partir do suplemento (kg).

O método para quantificação de creatinina (K067, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) foi cinético colorimétrico. Por sua vez, o método para quantificação do ácido úrico (K0139, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) e ureia (K056, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) foi enzimático colorimétrico, utilizando-se o equipamento automático para bioquímica, marca Mindray, modelo: BS200E. O cálculo do volume urinário diário foi realizado empregando-se a relação entre a excreção diária de creatinina (EC), adotando-se como referência a equação proposta por Costa e Silva et al. (2012), e a sua concentração nas amostras “spot”:

$$ECU \text{ (g/dia)} = 0,0345 \times PC^{0,9491}$$

em que: PC= peso corporal.

As análises de alantoína na urina foram realizadas, conforme descrito por Chen e Gomes (1992). A excreção total de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina.

As purinas absorvidas (Y, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas (X, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$Y = (X - 0,301 \times PC^{0,75}) / 0,80$$

em que: 0,80 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas e $0,301 \times PC^{0,75}$, a contribuição endógena para a excreção de purinas (Chen e Gomes, 1992).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, g NMIC/dia), foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação descrita por Chen & Gomes (1992), com exceção da relação N purinas:N total das bactérias de 0,134, conforme Valadares et al. (1999):

$$Y = 70X/0,83 \times 0,134 \times 1000$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mgN/mol); 0,134, a relação N purinas:N total nas bactérias; e 0,83, a digestibilidade das purinas bacterianas.

A eficiência microbiana foi expressa em g PB microbiana/kg de matéria orgânica digerida total (g PBmic/kg MOD).

As amostras de leite foram analisadas quanto aos teores de proteína, gordura, lactose e sólidos totais pelo método de espectrofotometria de infravermelho proximal (Foss MilkoScan FT120, Hillerød, Denmark).

As concentrações de glicose (K082, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil), triglicerídeos (K117, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) e ureia (K056, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) foram quantificadas pelo método enzimático colorimétrico e, proteínas totais (K031, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) e albumina (K040, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) pelo método colorimétrico. Todas as análises anteriormente mencionadas foram realizadas usando aparelho automático para bioquímica (Mindray BS-200E, Shenzhen, China). O nitrogênio ureico no soro (NUS) foi estimado como 46,67 % do total de ureia sérica. As concentrações de globulinas foram calculadas pela diferença entre proteínas totais e albumina. As concentrações séricas de IGF-1 foram analisadas por quimioluminescência usando o analisador Liaison e kit Diasorin® (DiaSorin, Italy).

Para a expressão gênica, o RNA total foi isolado de 30 mg da amostra com Trizol (Qiagen, Valencia, CA) de acordo com as recomendações do fabricante. Tratamento adicional com DNAase foi realizado utilizando-se o kit RNAase-free DNAase (Qiagen, Valencia, CA) de acordo com as recomendações do fabricante. A concentração e a

integridade do RNA extraído foi determinada utilizando-se o kit Agilent RNA 6000 Nano e o equipamento Agilent 2100 Bioanalyzer (Agilent Technologies Inc., Ontario, Canada).

A Transcrição reversa foi conduzida usando GoScript Reverse Transcription System (Promega, Madison, WI) e oligo (dt) primers (Invitrogen, Carlsbad, CA). A concentração de cDNA das amostras foram estimadas no NanoVue Plus Spectrophotometer (GE Healthcare, Munich, Germany). Por fim, as amostras de cDNA foram armazenadas a – 20 °C até o início das análises.

O gene alvo e a sequência de controle interno foram recuperadas da sequência de nucleotídeos de *Bos Taurus* obtidos do banco de dados GenBank. Os genes CPS-1 e PEPCK foram analisados nas amostras de fígado. As sequências dos primers foram construídas por meio do programa PrimerQuest fornecido pela Integrated DNA Technologies (IDT, Coralville, IA). No presente estudo, os genes *HPRT1* e *RSP15A* foram usados como controle interno para normalização das amostras de fígado.

As reações de PCR quantitativo em tempo-real (qRT-PCR) foram conduzidas em duplicatas em diferentes poços utilizando SYBR Green com GoTaq PCR Master Mix (Promega) de acordo com as instruções do fabricante utilizando o equipamento ABI Prism 7300 Sequence Detection System Thermocycler® (Applied Biosystems). A reação consistiu de um passo inicial a 95 °C por 10 minutos, um segundo passo de 40 ciclos com a mesma temperatura por 15 segundos e um passo final de 60 °C por 60 segundos. Após a amplificação dos ciclos, um passo adicional de 60 °C a 95 °C foi usado para obter uma curva de dissociação. A curva de amplificação obtida a partir da diluição seriada de cDNA permitiu a determinação da melhor condição de amplificação para cada gene, na qual a eficiência de amplificação do gene alvo e a do controle.

Análises estatística

O experimento foi conduzido e analisado em delineamento inteiramente casualizado com dupla estrutura de erro. Os resultados foram submetidos à análise adotando o peso corporal inicial como covariável. As análises de variância para as variáveis estudadas foram realizadas de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{(i)j} + \varepsilon_{(ij)k}$$

Em que, Y_{ijk} : observação tomada no indivíduo k no piquete j submetido ao tratamento i ; μ : média geral; T_i : efeito fixo do tratamento; $e_{(i)j}$: erro aleatório, não observável, associado a cada piquete j submetido ao tratamento i , pressuposto NID $(0, \sigma_e^2)$; e $\varepsilon_{(ij)k}$: erro aleatório, não observável, associado a cada observação k alocada no piquete j e submetida ao tratamento i , pressuposto NID $(0, \sigma_e^2)$.

Os efeitos da suplementação foram avaliados por meio de uma comparação simples entre bezerras suplementadas e não suplementadas. As concentrações séricas e produção de leite foram analisadas através do procedimento de medidas repetidas no tempo, sendo dia de coleta a variável repetida. A escolha da mais apropriada estrutura de covariância foi baseada no menor valor do critério de informação de Akaike corrigido. Para todos os procedimentos estatísticos foi utilizado o PROC MIXED do software SAS 9.4 (Statistical Analysis System, Inc., Cary, NC, USA) e adotou-se $\alpha = 0,10$ como nível crítico de probabilidade de erro tipo I.

RESULTADOS

Disponibilidade de forragem e características nutricionais

Neste estudo, a disponibilidade média de MS total e MS_{pd} da forragem na pastagem foi de 4,5 e 3,0 t / ha, respectivamente. As amostras de forragem coletadas via simulação manual de pastejo apresentaram teor médio de PB igual a 80,5 g/kg MS (Tabela 1).

A suplementação de bezerras de corte não afetou a produção e composição do leite das matrizes ($P > 0,10$; Tabela 2).

Houve incremento ($P < 0,10$) no consumo voluntário (kg/dia) de MS, matéria seca da forragem (MSF), matéria orgânica (MO), PB, FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF), FDNi, matéria orgânica digerida (MOD), FDNcp digerida (FDNcpD) e, relação PB:MOD pelo fornecimento de suplemento. Contudo, o consumo de EE foi similar entre os tratamentos ($P > 0,10$; Tabela 3).

Por outro lado, o consumo de matéria seca e componentes a partir do leite (MSL) não foi influenciado pela suplementação ($P > 0,10$; Tabela 3). No entanto, a produção de leite das matrizes diminuiu ao longo do experimento (Figura 1).

Na avaliação do consumo como g/kg PC, a suplementação aumentou o consumo da MS, MSF, MO, FDNcp e FDNi ($P < 0,10$; Tabela 3).

A suplementação aumentou a digestibilidade da MO, PB e MOD ($P < 0,10$; Tabela 4). Por sua vez, foi detectado incremento no NMIC e nitrogênio ureico na urina (NUU) devido ao fornecimento de suplemento ($P < 0,10$). Entretanto, a relação entre N microbiano produzido e N ingerido (NMICR) e a eficiência de síntese de proteína microbiana (EFM) não foram afetados pela suplementação ($P > 0,10$; Tabela 4).

Perfil metabólico

Houve incremento nas concentrações séricas de IGF-1, NUS, proteínas totais, albumina e globulinas ($P < 0,10$) em bezerras com acesso ao suplemento (Tabela 5). Neste sentido, na interação observada entre tratamento e dia de coleta, níveis sanguíneos de NUS foram maiores ao longo do período experimental em bezerras suplementadas. Por sua vez, as concentrações de proteínas totais e albumina foram maiores na primeira coleta em animais recebendo suplemento múltiplo (Figura 2).

Níveis séricos de glicose e triglicerídeos não foram afetados pela suplementação ($P > 0,10$; Tabela 5).

Todos os metabólitos avaliados, a exceção dos níveis séricos dos triglicerídeos, foram influenciados pelo dia de coleta ($P < 0,10$; Tabela 5). Assim, NUS, proteínas totais, albumina e globulinas aumentaram ao longo do experimento. Em contrapartida, concentrações séricas de glicose diminuíram em função do dia de coleta (Figura 1)

Não foi observado efeito da suplementação sobre a expressão genética de CPS-1 e PEPCK em bezerras Nelore sob pastejo ($P > 0,10$; Tabela 6).

Desempenho, características de carcaça e medidas biométricas

Bezerras com acesso a suplemento múltiplo apresentaram ganho médio diário (GMD) e PC a desmama maior que bezerras não suplementadas ($P < 0,10$). Contudo, não houve efeito ($P > 0,10$) da suplementação sobre a AOL, EGS/ ou EGSg (Tabela 7).

De modo geral, o desenvolvimento corporal dos animais não foi afetado pela suplementação ($P > 0,10$). Entretanto, foi observado aumento na relação peso corporal:altura na cernelha (PC:AC) nos animais suplementados ($P < 0,10$; Tabela 7).

DISCUSSÃO

O consumo de alimento é influenciado pela associação de vários fatores inerentes às características da forragem e do animal. Assim, a qualidade da forragem e fluxo de nutrientes no rúmen, especificamente PB, são os principais limitantes do consumo de pasto em animais ruminantes (Figueiras et al. 2010; Valente et al. 2013; Detmann et al. 2014a). O máximo consumo de forragem é observado com 216 g PB/kg MOD na dieta (Reis et al. 2016). Neste estudo, a relação PB:MOD na dieta de bezerras não suplementadas e suplementadas foi de 197,51 e 229,10 g/kg, respectivamente. Portanto, bezerras com acesso ao suplemento apresentaram valores mais próximos aos recomendados para favorecer o maior consumo de forragem por bovinos em pastejo,

sugerindo que a inclusão de suplemento múltiplo permitiu uma melhor adequação da relação proteína:energia, o que pode ter influenciado a maior ingestão não apenas de forragem mas também de MO, FDNcp, FDNi, e FDNcpD.

A maior ingestão de MS da forragem observada neste estudo indica que diferenças no consumo de alimento (suplemento), PB, MO, CNF, FDNcp e FDNi foram suficientes para aumentar o consumo de MS total, uma vez que, a quantidade de suplemento fornecida às bezerras não influenciou a produção de leite das vacas. Como consequência, o consumo de MS e componentes a partir do leite não diferiu entre os tratamentos, assim como nos estudos de Silva et al. (2017b) e Ortega (2018).

Por outro lado, o maior consumo de PB e CNF nas bezerras suplementadas foi resultado da inclusão do suplemento múltiplo na dieta. Consequentemente, o aumento no consumo de PB e CNF permitiu uma maior ingestão de MOD.

O aumento na ingestão de MO, PB e MOD nos animais suplementados está associado à maior digestibilidade observada destes componentes e a sua maior concentração no suplemento. Em contrapartida, apesar do maior consumo de CNF em bezerras suplementadas, a falta de efeito sobre a digestibilidade dos CNF entre os tratamentos pode estar relacionada à alta participação do leite (componentes de alta digestibilidade) na dieta total. Este comportamento também foi observado por Ortega (2018).

A disponibilidade de carboidratos, amônia, peptídeos, aminoácidos, enxofre e ácidos graxos de cadeia ramificada são os fatores nutricionais que afetam o crescimento microbiano (Clark et al. 1992; Van Soest, 1994). Assim, o incremento no NMIC nos animais suplementados, indica que o fornecimento de substratos essenciais para o crescimento de microrganismos ruminais foi capaz de aumentar a produção de nitrogênio microbiano (proteína microbiana). Da mesma forma, o consumo de suplemento múltiplo

favoreceu o incremento do nitrogênio ureico no sangue, porém a maior excreção de nitrogênio pela urina sugere uso ineficiente do N. Este uso ineficiente do N pode ser corroborado, uma vez que não houve incremento na EFM e redução no NMICR, visto que animais suplementados consumiram maior quantidade de PB. Estes resultados são condizentes com as observações de Ortega (2018).

De acordo com Van Soest (1994), a concentração de NUU está positivamente associada com o nível sérico de nitrogênio ureico e consumo de PB. Neste estudo, a maior concentração de NUS e excreção de NUU nas bezerras suplementadas pode ser atribuída a seu maior consumo de PB, o que sugere que estes animais apresentaram maior *status* nutricional (Silva et al. 2017a) e que uma parte do nitrogênio não é eficientemente utilizada pelo animal.

A dependência da reciclagem de nitrogênio para o rúmen é outro indicativo de deficiência de proteína (Detmann et al. 2014a; 2014b). De acordo com Batista et al. (2017a) e Batista et al. (2017b), em forragens tropicais de média-alta qualidade, há uma redução no NUS devido à sua transferência para o rúmen com o objetivo de manter o crescimento microbiano. Desta forma, as menores concentrações de NUS observadas ao longo do experimento em bezerras sem acesso ao suplemento, estão associadas à menor ingestão de nitrogênio na dieta destes animais, o que pode ter levado a menor transferência de amônia do rúmen para o sangue (Van Soest, 1994).

Por outro lado, a ingestão de proteína na dieta (restrição severa ou excesso de proteína) têm sido relatados com maior ação de enzimas envolvidas no ciclo da ureia, como a CPS-1 (Capelloza et al. 2015; Sun et al. 2016). O consumo de PB das bezerras não suplementadas estava acima do nível mínimo exigido para atender a exigência de manutenção (BR- CORTE, 2016). Além disso, bezerras suplementadas apresentaram

consumo de PB abaixo de 225 g PB/kg MS, limiar máximo em que respostas positivas à proteína suplementar foram observadas (Detmann et al. 2014a). Neste sentido, pode-se sugerir que a principal razão para a ausência de diferença na abundância de CPS-1 hepática entre os tratamentos, foi devido à ingestão de proteína na dieta que não foi baixa ou excessiva para alterar a expressão gênica de CPS-1.

Quanto as concentrações de proteínas totais e albumina observadas, os menores níveis destes metabólitos aos 45 dias experimentais (4,2 meses de idade das bezerras) em bezerras sem acesso ao suplemento, sugere menor *status* nutricional nestes animais, devido, possivelmente, a deficiência de nutrientes a partir do leite consumido (Henriques et al. 2011) e menor capacidade de aproveitamento da forragem. Silva et al. (2017a) não reportaram incremento nos teores séricos de proteínas totais, albuminas ou globulinas com a suplementação em bezerras de corte Nelore.

O IGF-1 é um potente estimulador da proliferação e hipertrofia celular (Lawrence et al. 2012), desse modo a maior concentração de IGF-1 nas bezerras suplementadas, indicativo de maior *status* anabólico, pode ser devido ao maior consumo de MS e, conseqüentemente de nutrientes. Estes resultados são condizentes com o incremento no PC e GMD durante o período experimental (Gutiérrez et al. 2014; Rodríguez-Sánchez et al. 2015).

O GMD é positivamente associado com o consumo de MS, assim, o maior consumo de MS e maiores concentrações de IGF-1 em animais suplementados pode explicar o incremento no GMD e PCF das bezerras durante o experimento. Estes aumentos no GMD e PCF não resultaram em incremento na AOL, EGS_I ou EGS_G, indicadores de deposição de tecido muscular e adiposo, o que sugere que o nível de suplementação avaliado não foi suficiente para influenciar a composição do ganho. Silva et al. (2017a) e Ortega (2018) não observaram incremento no GMD, PCF ou AOL, no entanto, descreveram aumento

na EGSg e tendência de aumento na EGS/ com o incremento da quantidade de suplemento.

Glicose e triglicerídeos no sangue podem ser utilizados como indicadores do *status* energético (Silva et al. 2017a; Sotelo et al. 2018). No entanto, a suplementação não foi suficiente para afetar nenhuma das variáveis, indicando um *status* energético similar entre os animais. A diminuição nos teores sanguíneos de glicose ao longo dos dias de coleta, pode estar associada, além do decréscimo na qualidade do pasto, à diminuição gradual da produção de leite pelas matrizes e, conseqüentemente, menor participação do leite na dieta total das bezerras, o que resulta em menor absorção intestinal de glicose (Henriques et al. 2011; Ortega, 2018).

Por outro lado, a ingestão na dieta de substratos de amido está diretamente relacionada à maior gliconeogênese em ruminantes (Drackley et al. 2001). No entanto, o nível de suplementação não foi suficiente para influenciar a expressão gênica de PEPCK, o que está de acordo com os valores similares de glicose observados nos tratamentos no presente estudo, sugerindo que a dieta dos animais permitiu manter uma condição energética similar.

A falta de efeito sobre a altura na cernelha e na garupa indica que o nível de suplementação testado não influenciou o desenvolvimento esquelético dos animais, uma vez que estas mensurações são compostas principalmente pela medida dos ossos longos no animal, sendo bons indicadores do crescimento corporal (Swali et al. 2008; Rodríguez-Sánchez et al. 2015). Em contrapartida, alguns autores relataram diferença de estatura devido ao tratamento nutricional aplicado (Roberts et al. 2009; Rodríguez-Sánchez et al. 2015).

O perímetro torácico é um preditor individual do PC dos animais e, a largura e o comprimento da garupa fornecem uma estimativa da área pélvica interna e possuem uma associação importante com a distribuição de cortes primários no traseiro e a incidência e dificuldade de parto em novilhas (Fernandes et al. 1996; Swali et al. 2008; Rodríguez-Sánchez et al. 2015). No presente estudo, a falta de diferença nessas variáveis sugere que o nível de suplementação não foi suficiente para aumentar o desenvolvimento tecidual nos animais. Estes resultados são similares às observações de Ortega (2018) quem não observou efeito da suplementação sobre as variáveis estudadas.

A razão entre peso corporal e altura na cernelha (PC:AC) é uma medida usada para estimar a diferença na condição corporal entre animais (Eborn et al. 2013). O incremento nesta relação, indica que a suplementação gerou benefício na habilidade de deposição de tecido muscular e adiposo. Resultados semelhantes foram reportados por Rodríguez-Sánchez et al. (2015) e Ortega (2018) em bezerras de corte recebendo diferentes níveis de suplemento. Por sua vez, Silva et al. (2017a) não observaram aumento na relação PC:AC em bezerras Nelore recebendo diferentes níveis de suplemento múltiplo.

CONCLUSÕES

Suplementação estratégica no sistema *creep-feeding* melhora a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro. À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia, por possibilitar a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- Almeida DM, Marcondes MI, Rennó LN, Martins LS, Marquez DEC, Villadiego FC, Saldarriaga FV, Ortega RM, Moreno DPS, Lopes AS, Cardozo MA, Paulino MF (2018) Supplementation strategies for Nellore female calves in creep feeding to improve the performance: nutritional and metabolic responses. *Tropical Animal Health and Production*, 50, 1779-1785.
- Barbosa AM, Valadares RFD, Valadares filho SC, Pina DS, Detmann E, Leão MI (2011) Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. *Journal of Animal Science* **89**, 510-519.
- Barros LV, Paulino MF, Chizzotti ML, Rennó LN, Cardenas JG, Valente EL, Lopes AS, Cabral CA, Paula NF, Silva FG (2014) Suplementação de bezerras de corte lactentes em sistema de *creepfeeding* e parâmetros nutricionais e produtivos de vaca de corte em pastejo. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* **35**, 2723-2738.
- Batista E, Detmann E, Valadares Filho SC, Titgemeyer E, Valadares R (2017a) The effect of CP concentration in the diet on urea kinetics and microbial usage of recycled urea in cattle: a meta-analysis. *Animal*: 1303-1311.
- Batista, E, Detmann E, Gomes DI, Rufino LMA, Paulino MF, Valadares Filho SC, Franco MO, Sampaio CB, Reis WLS (2017b) Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilisation in cattle fed high-quality tropical forage. *Animal Production Science* **57**: 1993-2000.
- Bartle SJ, Males JR, Preston RL (1984) Effect of energy intake on the postpartum interval in beef cows and the adequacy of the cow's milk production for calf growth. *Journal of Animal Science* **58**, 1068-1074.
- Chen XB, Gomes MJ (1992) Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details.

- International Feed Research Unit. Rowett Research Institute. Aberdeen, 21. (Occasional Publication).
- Clark JH, Klusmeyer TH, Cameron MR (1992) Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **75**, 2304–2323.
- Costa e Silva LF, Valadares Filho S de C, Chizzotti ML, Rotta PP, Prados LF, Valadares RFD, Zanetti D, Braga JM da S (2012) Creatinine excretion and relationship with body weight of Nelore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* **41**, 807–810.
- Detmann E, Batista ED, Silva TE. et al. (2017) Nutrição de bovinos de corte sob sistema de pastejo com foco na eficiência de utilização de nitrogênio. In: Simpósio de Pecuária de Corte, **11**, Lavras. Anais ... Lavras: DZO-UFLA, p. 43-72.
- Detmann E, Valente EEL, Batista ED, Huhtanen P (2014a) An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science* **162**, 141-153.
- Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, Huhtanen P (2014b) Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: a review based on Brazilian results. *Semina: Ciências Agrárias* **35**: 2829-2854.
- Detmann E, Souza MA de S, Valadares Filho S de C, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba E de OS, Cabral L da S, Pina D dos S, Ladeira MM, Azevedo JAG (2012) ‘Métodos para análise de alimentos INCT – Ciência Animal.’ (E Detmann, Ed.). (Suprema Gráfica: Visconde do Rio Branco, MG).
- Drackley JK, Overton TR, Douglas GN (2001). Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *Journal of Dairy Science* **84**: E100-E112.

- Eborn DR, Cushman RA, Echternkamp SE (2013) Effect of postweaning diet on ovarian development and fertility in replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* **91**, 4168–4179.
- Fernandes A, Magnobosco C, Ojala M, Caetana A, Famula T (1996) Estimativas de parâmetros genéticos e ambientais de medidas corporais e peso em bovinos da raça Brahman nos trópicos. In SBZ F (ed) ‘In Reun. Anu. da Soc. Bras. Zootec.’, Foz de Iguaçu, Brazil. 33rd edn. 136–138. (Fortaleza: Foz de Iguaçu, Brazil).
- Figueiras JF, Detmann E, Paulino MF, Valente TNP, Valadares Filho SC, Lazzarini I (2010) Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. *Revista Brasileira de Zootecnia* **39**, 1303-1312.
- George SK, Dipu MT, Mehra UR, Singh P, Verma AK, Ramgaokar JS (2006) Improved HPLC method for the simultaneous determination of allantoin, uric acid and creatinine in cattle urine. *Journal of Chromatography B* **832**, 134-137.
- Gutiérrez V, Espasandín AC, Machado P, Bielli A, Genovese P, Carriquiry M (2014) Effects of calf early nutrition on muscle fiber characteristics and gene expression. *Livestock Science*.
- Henriques LT, Valadares Filho S de C, Fonseca MA, Paulino PVR, Detmann E, Valadares RFD (2011) Avaliação de modelos não-lineares e da relação do consumo voluntário de vacas primíparas e de bezerras com a curva de lactação de vacas Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**, 1287–1295.
- Marquez DC, Paulino MF, Marcondes MI, Rennó LN, Barros LV, Martins LS, Ortega RM, Silva AG, Almeida DM, Sotelo DP, Moura FH (2014) Parâmetros nutricionais e produtivos de bezerras suplementadas a pasto com diferentes fontes de alimentos proteicos. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina* **35**, 2709-2722.

- NRC *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th edn) (2001) (National Academy Press: Washington, DC).
- Ortega RM (2018) Supplementation strategies for beef heifers in tropical pastures in the preweaning and rearing periods. (unpublished Ph.D. Thesis, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Brazil).
- Paulino MF, Detmann E, Silva AG, et al. (2012) Bovinocultura de alto desempenho com sustentabilidade. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 8, 2012, Viçosa. *Anais...* Viçosa: DZO-UFV, p.183-196.
- Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC (2008) Bovinocultura funcional nos trópicos. In: SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE PRODUCTION, 7, Viçosa, MG. *Proceedings...* Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, UFV, 2008. p. 275-305.
- Reis WLS, Detmann E, Batista ED, Rufino LMA, Gomes DI, Bento CBP, Mantovani HC, Valadares Filho SC (2016) Effects of ruminal and post-ruminal protein supplementation in cattle fed tropical forages on insoluble fiber degradation, activity of fibrolytic enzymes, and the ruminal microbial Community profile. *Animal Feed Science and Technology* **218**, 1-16.
- Roberts AJ, Geary TW, Grings EE, Waterman RC, Macneil MD (2009) Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for a one hundred fortyday period after weaning. *Journal of Animal Science* **87**, 3043-3052.
- Rodríguez-Sánchez JA, Sanz A, Tamanini C, Casasús I (2015) Metabolic, endocrine, and reproductive responses of beef heifers submitted to different growth strategies during the lactation and rearing periods. *Journal Animal Science* **93**, 3871–3885.
- Silva AG, Paulino MF, Amorim L, Rennó LN, Detmann E, Moura FH, Manso MR, Silva e Paiva PH, Ortega RM, Melo LP (2017a) Performance, endocrine, metabolic, and reproductive responses of Nellore heifers submitted to different supplementation

- levels pre- and post-weaning. *Tropical Animal Health and Production* **49**, 707–715.
- Silva AG, Paulino MF, Amorim L, Detmann E, Rennó LN, Duarte MS, Moura FH, Melo LP, Paiva PH, Manso MR, Carvalho VV (2017b). Weight, body condition, milk production, and metabolism of Nellore cows when their calves are submitted to different supplementation levels. *Tropical Animal Health and Production* **49**, 383–387.
- Sotelo D, Paulino MF, Rennó LN, Detmann E, Ortega RM, Marquez DC, Martins LS, Almeida DM, Lima JC, Moura FH (2018) Performance and metabolic status of grazing beef heifers receiving increasing protein supplementation pre- and postpartum. *Animal Production Science*.
- Souza NKP, Detmann E, Pina DS, Valadares Filho SC, Sampaio CB, Queiroz AC, Veloso CM (2013) Evaluation of chromium concentration in cattle feces using different acid digestion and spectrophotometric quantification techniques. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **65**, 1472–1482.
- Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA (1997) Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 3th ed. New York: McGraw Hill Co, p. 666.
- Swali A, Cheng Z, Bourne N, Wathes DC (2008) Metabolic traits affecting growth rates of pre-pubertal calves and their relationship with subsequent survival. *Domestic Animal Endocrinology* **35**, 300–313.
- Titgemeyer EC, Armendariz CK, Bindel DJ, et al. (2001a) Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *Journal of Animal Science* **79**, 1059-1063.
- Universidade Federal de Viçosa – UFV (2018) Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. *Boletim meteorológico 2018*. Viçosa, 2018.

- Valadares Filho SC, Marcondes MI, Chizzotti ML, Paulino PVR (2010) Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados - BR-CORTE. 2. ed. Viçosa: DZO – UFV, 193 p.
- Valadares RFD, Broderick GA, Valadares Filho SC, Clayton MK (1999) Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science* **82**, 2686-2696.
- Valente EEL, Paulino MF, Barros LV, Almeida DM, Martins LS, Cabral CHA (2013) Effect of calves' supplementation on performance, nutritional and behavioral characteristics of their dams. *Tropical Animal Health and Production* **45**, 487–495.
- Van Soest PJ (1994) 'Nutritional ecology of the ruminant.' (Cornell University Press: Ithaca, NY)

TABELAS

Tabela 1 - Ingredientes e composição química do suplemento múltiplo e forragem consumida pelos animais durante o experimento

Item ¹	Suplemento	<i>B. Decumbens</i> ²	<i>B. Decumbens</i> ³
<i>Ingredientes % (dieta basal)</i>			
Farelo de soja	50	-	-
Farelo de trigo	20	-	-
Grão de milho moído	30	-	-
Mistura mineral	-	-	-
<i>Composição química (g/kg MS)</i>			
Matéria seca	892,9	892,5 ± 1,63	889,1 ± 0,77
Matéria orgânica	917,5	931,3 ± 2,77	919,7 ± 2,92
Proteína bruta	300,0	80,5 ± 0,34	78,3 ± 0,37
Extrato etéreo	16,3	15,9 ± 0,21	15,2 ± 0,26
Carboidratos não fibrosos	401,0	216,0 ± 0,50	203,3 ± 0,61
FDNcp	200,1	618,9 ± 0,32	616,1 ± 0,55
FDN indigestível	269,6	136,4 ± 0,24	145,4 ± 0,73

¹FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ²amostras obtidas via simulação manual de pastejo durante o ensaio de consumo e digestibilidade.

³amostras obtidas via simulação manual de pastejo ao longo do experimento.

Tabela 2 - Produção e composição do leite das matrizes em função dos diferentes tratamentos

Item ¹	Tratamentos ²		EPM ³ ±	Valor- <i>P</i>
	Não suplementado	Suplementado		
	kg/dia			
Leite	5,71	5,88	0,294	0,705
Leite _{4%}	6,83	6,90	0,296	0,872
	g/kg			
Gordura	5,3	5,2	0,15	0,625
Proteína	3,5	3,5	0,04	0,440
Lactose	4,5	4,5	0,04	0,341
Sólidos totais	12,4	14,3	0,16	0,616

¹Leite_{4%}: produção de leite corrigido para 4% de gordura. ²Tratamentos aplicados: não suplementado – bezerras recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado – bezerras recebendo 5 g/kg de PC em suplemento múltiplo. ³EPM: erro padrão da média.

Tabela 3 - Consumo voluntário em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de cria

Item ¹	Tratamentos ²		EPM ³ ±	Valor-P
	Não suplementado	Suplementado		
	kg/dia			
MS	3,07	4,46	0,166	0,001
MSF	2,08	2,55	0,128	0,039
MSS	-	0,93	-	-
MSL	0,99	0,99	0,044	0,984
MO	2,85	4,14	0,146	<0,001
PB	0,41	0,72	0,018	<0,001
EE	0,40	0,42	0,019	0,421
FDNcp	1,27	1,78	0,069	0,001
CNF	0,77	1,22	0,046	<0,001
FDNi	0,28	0,37	0,013	0,002
MOD	2,09	3,14	0,103	<0,001
FDNcpD	0,78	1,11	0,040	0,001
PB:MOD	198	229	3,0	<0,001
	g/kg PC			
MS	15,81	21,62	0,726	0,001
MSF	10,77	12,39	0,575	0,089
MO	14,68	20,03	0,641	0,001
FDNcp	6,58	8,65	0,306	0,002
FDNi	1,47	1,81	0,060	0,006

¹MS: matéria seca; MSF: matéria seca da forragem; MSS: Matéria seca do suplemento; MSL: matéria seca do leite; MO: Matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF: carboidratos não fibrosos; FDNi: fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; MOD: MO digerida; FDNcpD: FDNcp digerido; PB:MOD: relação PB:MOD. ²Tratamentos aplicados: não suplementado – bezerras recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado – bezerras recebendo 5 g/kg de PC em suplemento múltiplo. ³EPM: erro padrão da média.

Table 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente e níveis de nitrogênio em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de cria

Item ¹	Tratamentos ²		EPM ³ ±	Valor- <i>P</i>
	Não suplementado	Suplementado		
MO (g/g)	0,734	0,758	0,0055	0,020
PB (g/g)	0,724	0,784	0,0097	0,004
EE (g/g)	0,858	0,871	0,0105	0,392
FDNcp (g/g)	0,613	0,622	0,0148	0,677
CNF (g/g)	0,863	0,899	0,0183	0,218
MOD (kg/MS)	682	703	5,6	0,037
NMIC (g/dia)	41,5	66,2	5,93	0,025
NMICR (g/g N)	0,653	0,595	0,0682	0,567
EFM (g/kg MOD)	126,8	133,6	14,04	0,745
NUU (g/dia)	21,9	39,6	2,24	0,001

¹MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF: carboidratos não fibrosos; MOD: MO digerida; NMIC: produção de nitrogênio microbiano no rúmen; NMICR: relação nitrogênio microbiano:nitrogênio ingerido; EFM: eficiência de síntese de proteína microbiana; NUU: excreção de nitrogênio ureico na urina. ²Tratamentos aplicados: não suplementado – bezerras recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado – bezerras recebendo 5 g/kg de PC em suplemento múltiplo. ³EPM: erro padrão da média.

Tabela 5 - Perfil metabólico em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de cria

Item ¹	Tratamentos ²		EPM ³ ±	(Valor- <i>P</i>) ⁴		
	Não suplementado	Suplementado		T	D	T × D
IGF-1 (ng/mL)	232,52	289,32	18,657	0,073	-	-
NUS (mg/dL)	8,3	14,0	0,41	<0,001	<0,001	<0,001
Proteínas totais (g/dL)	5,86	6,22	0,105	0,017	<0,001	0,039
Albumina (g/dL)	3,10	3,24	0,058	0,105	<0,001	0,005
Globulinas (g/dL)	2,76	2,97	0,075	0,075	<0,001	0,257
Glicose (mg/dL)	87,5	87,6	3,18	0,975	<0,001	0,487
Triglicerídeos (mg/dL)	33,7	32,7	1,91	0,724	0,160	0,318

¹IGF-1: fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1; NUS: nitrogênio ureico sérico.

²Tratamentos aplicados: não suplementado – bezerras recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado – bezerras recebendo 5 g/kg de PC em suplemento múltiplo. ³EPM: erro padrão da média. ⁴T: efeito do tratamento aplicado; D: efeito do dia de coleta; T × D: efeito de interação entre tratamento e dias de coleta.

Tabela 6- Abundância de proteína hepática associada à ureogênese (CPS-1) e gliconeogênese (PEPCK) em bezerras de corte lactentes em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de cria

Item ¹ (unidades arbitrárias)	Tratamentos ²		EPM ³ ±	Valor- <i>P</i>
	Não suplementado	Suplementado		
CPS-1	4,47	3,46	0,480	0,186
PEPCK	3,32	3,10	0,237	0,544

¹/CPS-1: carbamoi-fosfato sintetase 1; PEPCK: fosfoenol-piruvato carboxiquinase.

²/Tratamentos aplicados: não suplementado – bezerras recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado – bezerras recebendo 5 g/kg de PC em suplemento múltiplo. ³/ EPM: erro padrão da média.

Tabela 7 - Desempenho produtivo, características de carcaça e desenvolvimento corporal de bezerras de corte lactentes em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de cria

Item ¹	Tratamentos ²		EPM ³ ±	Valor- <i>P</i>
	Não suplementado	Suplementado		
PCI (kg)	115,4	115,4	3,33	0,998
PCF (kg)	225,4	247,3	5,16	0,023
GMD (kg/dia)	0,734	0,880	0,0344	0,023
AOL (cm ²)	39,3	41,5	1,03	0,183
EGS _l (mm)	1,98	2,04	0,161	0,811
EGS _g (mm)	2,80	3,08	0,222	0,402
Altura na cernelha (cm)	116,9	118,5	0,64	0,112
Perímetro torácico (cm)	136,1	143,2	2,85	0,121
Altura da garupa (cm)	124,5	125,9	0,62	0,151
Largura da garupa (cm)	35,3	35,3	0,37	0,977
Comprimento da garupa (cm)	40,1	40,1	0,32	0,945
PC:AC (kg/cm)	1,93	2,09	0,041	0,034

¹/PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; GMD: ganho médio diário; AOL: área de olho de lombo; EGS_l: espessura de gordura subcutânea sobre o músculo *Longissimus dorsi*; EGS_g: espessura de gordura subcutânea na garupa; PC:AC: relação peso corporal e altura na cernelha. ²/Tratamentos aplicados: não suplementado – bezerras recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado – bezerras recebendo 5 g/kg de PC em suplemento múltiplo. ³/EPM: erro padrão da média.

FIGURAS

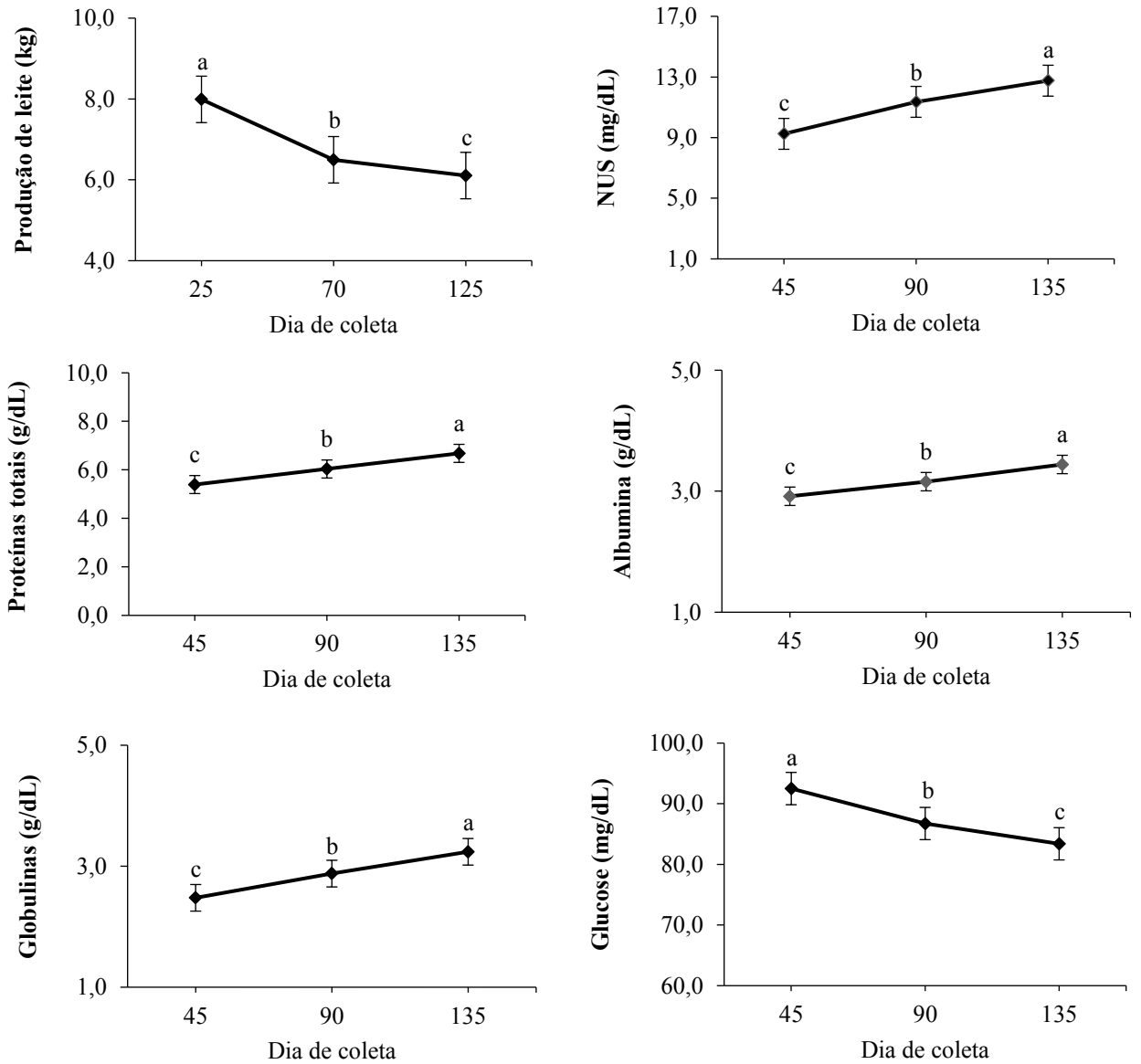


Figura 1. Produção de leite corrigida para 4% de gordura (kg) das vacas e concentrações séricas de nitrogênio ureico sérico (NUS), proteínas totais, albumina, globulinas e glicose em bezerras de corte em função do dia de coleta: Médias de dias sem letras minúsculas comuns diferem ($P < 0.10$).

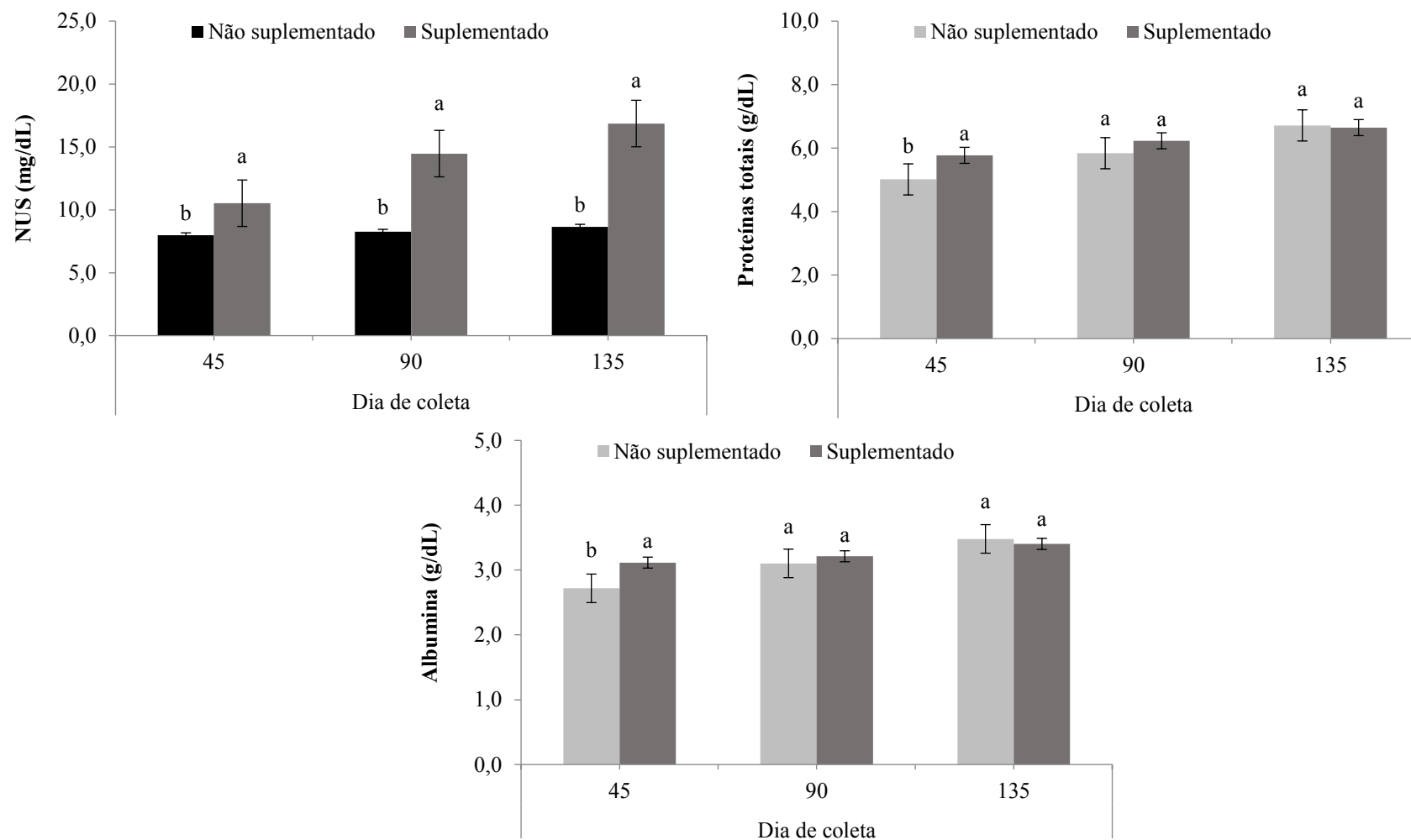


Figura 2. Concentrações sanguíneas de nitrogênio ureico sérico (NUS), proteínas totais e albumina em bezerras de corte lactentes recebendo suplementação estratégica em pastagem tropical. Tratamentos aplicados: não suplementado – bezerras recebendo apenas mistura mineral *ad libitum*; suplementado – bezerras recebendo 5,0 g/kg de PC em suplemento múltiplo. Médias de tratamentos × dia de coleta sem letras minúsculas comuns diferem ($P < 0.10$).

CAPÍTULO 3

SUPLEMENTAÇÃO ESTRATÉGICA PARA NOVILHAS DE CORTE EM PASTAGEM TROPICAL: RESPOSTA PRODUTIVA, STATUS NUTRICIONAL E METABÓLICO

RESUMO. Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico em novilhas de corte em pastagem tropical. Foram utilizadas 56 novilhas de corte da raça Nelore com idade e peso médio inicial de $7,7 \pm 0,1$ meses e $237 \pm 3,5$ kg, respectivamente, em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 . Os tratamentos aplicados foram: não suplementado durante o período de cria e suplementado na recria com 5 g/kg PC; não suplementado durante o período de cria e suplementado na recria com 7,5 g/kg PC; suplementado durante os períodos de cria e recria com 5 g/kg PC; suplementado durante os períodos de cria e recria com 5 g/kg e 7,5 g/kg PC, respectivamente. Houve incremento no consumo de PB e PB:MOD durante o período de recria quando o nível de suplementação aumentou. Contudo, não houve efeito das estratégias de suplementação sobre o consumo de MS, MS da forragem, MO, extrato etéreo, FDNcp, CNF, FDNi, MOD ou, FDNcpD ($P > 0,10$). As estratégias de suplementação não influenciaram ($P > 0,10$) a digestibilidade dos componentes da dieta, à exceção da PB, a qual aumentou com o incremento do nível de suplementação na recria ($P < 0,10$). Não houve efeito ($P > 0,10$) das estratégias de suplementação sobre a síntese de compostos nitrogenados. No entanto, a excreção de nitrogênio ureico na urina incrementou-se com o aumento da quantidade de suplemento oferecido na recria ($P < 0,10$). As concentrações de NUS foram menores ao longo do experimento em novilhas sem acesso ao suplemento durante o período de cria e recebendo 5g/kg de PC de suplemento múltiplo na recria ($P < 0,10$). Por sua vez, os níveis séricos de albumina e globulinas foram menores na terceira coleta em animais não suplementados durante o período de cria ($P < 0,10$). As estratégias de suplementação não influenciaram as concentrações séricas de IGF-1, albumina, globulinas, glicose, triglicerídeos ou progesterona ou, a expressão gênica de CPS-1 ou PEPCK na recria ($P > 0,10$). O fornecimento de maior quantidade de suplemento múltiplo na recria não melhora a resposta produtiva, desenvolvimento corporal, *status* nutricional e metabólico em novilhas de corte em pastagens tropicais.

Palavras-chave: suplemento, forragem, metabolismo, reciclagem de nitrogênio

INTRODUÇÃO

As fêmeas em crescimento constituem o futuro do sistema produtivo. Portanto, o desenvolvimento de novilhas para reposição que apresentem ótima taxa de crescimento e promova a puberdade antes da estação de monta é um componente crítico do sistema de produção de bovinos de corte (Grings et al. 2007). Desde modo, novilhas acasaladas precocemente, representam redução da idade ao primeiro parto, o que aumenta a vida produtiva das matrizes e o número de bezerros (Short et al. 1994). De acordo com Nogueira (2004) a redução da idade ao primeiro parto, entre outros efeitos, reduz os requerimentos para a reposição animal, elimina categorias improdutivas e diminui o intervalo geracional (Nogueira, 2004).

Por outro lado, embora a forragem represente a principal fonte de energia para bovinos em pastejo (Detmann et al. 2010), a proteína é considerada o nutriente limitante (DelCurto et al 2000). Contudo, a forragem tropical não constitui uma dieta balanceada para a produção animal (Paulino et al. 2008), carecendo de equilíbrio nutricional para suportar as taxas de crescimento durante o período de recria (Roberts et al. 2009), compreendido entre a época e das águas. No decorrer destes períodos há na forragem, baixo teor de proteína bruta (PB) ($< 70-80$ g/kg de matéria seca) e desequilíbrio na relação proteína:energia, respectivamente, sendo o déficit de PB o principal agravante e responsável por limitar a ingestão e uso de carboidratos fibrosos da forragem e da menor eficiência metabólica (Detmann et al. 2010).

Nesse enfoque, o fornecimento de proteína constitui uma estratégia para contornar as deficiências dietéticas e metabólicas das gramíneas tropicais (Detmann et al. 2014) e otimizar o aproveitamento da forragem. Em consequência, pode haver melhoras no *status* nutricional e desempenho produtivo de novilhas sob pastejo nos trópicos Rodriguez-Sanchez et al. (2015).

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação estratégica sobre a resposta produtiva, *status* nutricional e metabólico em novilhas de corte em pastagem tropical.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos envolvendo animais foram aprovados pelo comitê de ética no uso de animais de produção (CEUAP) da Universidade Federal de Viçosa, MG - Brasil, sob protocolo número 018/2018.

Local

O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Gado de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Viçosa-MG, Brasil, entre os meses de junho e dezembro, referente à época seca, transição seca-águas e águas. A área experimental foi localizada em região montanhosa, com 670 m de altitude e, apresentou temperatura média e valores de precipitação de 19,9°C e 636,8 mm, respectivamente (UFV-DEA, 2018). A área experimental foi constituída por 8 piquetes de 2,5 hectares cada, cobertos com *Brachiaria decumbens*, providos de bebedouros e cochos, sendo estes cobertos e com acesso pelos dois lados.

Animais, delineamento experimental e dietas

Os animais estudados no presente experimento foram os mesmos que foram incluídos em nosso estudo complementar conduzido por Moreno (2019). Esses animais foram desmamados e transportados para outra área onde o presente estudo foi realizado.

Foram utilizadas 56 novilhas de corte da raça Nelore com idades e pesos médios iniciais de 7,7±0,1 meses e 237±3,5 kg, respectivamente. Os animais foram pesados no início do experimento após jejum alimentar de 14 horas e, em seguida, os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 2. Durante o experimento o grupo de animais foi considerado a unidade experimental. Os

tratamentos aplicados aos animais foram: não suplementados durante o período de cria e suplementados com 5,0 g/kg PC na recria; não suplementados durante o período de cria e suplementados com 7,5 g/kg PC na recria; suplementados com 5,0 g/kg PC durante os períodos de cria e recria; suplementados com 5,0 g/kg PC e 7,5 g/kg PC durante os períodos de cria e recria, respectivamente. A formulação do suplemento múltiplo foi realizada através dos dados de composição de alimentos fornecidos pelo BR-CORTE 2,0 (Valadares Filho et al. 2010), com 30% de PB com base na matéria natural. O suplemento foi fornecido diariamente às 10h00 em comedouros conjuntos em cada piquete. Todos os animais receberam mistura mineral *ad libitum* durante todo o experimento (Tabela 1).

O experimento teve duração de 150 dias, em que ao longo do experimento os animais foram pesados a cada 30 dias sem jejum sempre pela manhã, para acompanhar o desempenho e ajustar a quantidade de suplemento a ser fornecida para cada grupo.

Mensurações e amostragens

Para avaliação do desempenho os animais foram pesados ao início e final do experimento após jejum alimentar de 14 horas.

Foi realizada coleta de pasto para quantificação da disponibilidade total de matéria seca (MS) e de matéria seca potencialmente digestível (MSpd) a cada 15 dias, através do corte rente ao solo de 4 áreas delimitadas por um quadrado metálico de 0,5 × 0,5 m, selecionados aleatoriamente em cada piquete experimental. Após a coleta, cada amostra foi pesada e homogeneizada e a partir das amostras de cada piquete foi elaborada uma amostra composta. Essa amostra foi identificada, pesada e levada imediatamente à estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas e moída sequencialmente em moinho de facas a 2 e 1 mm.

As amostras para avaliação qualitativa do pasto consumido pelos animais foram obtidas via simulação manual de pastejo a cada 15 dias. Essa amostra foi pesada e levada

imediatamente à estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas e moída sequencialmente em moinho de facas a 2 e 1 mm.

Para a avaliação das características nutricionais, a partir do 75º dia do período experimental foi realizado um ensaio de consumo e digestão. O ensaio teve duração de 9 dias, sendo 6 destinados para a adaptação dos animais aos indicadores. Para estimar a excreção fecal, foi fornecido 10 g de indicador de óxido de cromo (Cr_2O_3) por animal dia, acondicionado em cartuchos de papel e aplicado com auxílio de uma sonda metálica, via esôfago, sempre às 10h00. Para estimar o consumo individual de suplemento foi fornecido o dióxido de titânio (TiO_2) misturado no suplemento na proporção de 10 g de indicador/kg de suplemento. Para estimar o consumo de MS total e MS de pasto foi utilizado como indicador interno a fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi).

Nos últimos 4 dias do ensaio, foram realizadas coletas de fezes em horários diferenciados: dia 6 - 18h00, dia 7 - 14h00, dia 8 - 10h00 e dia 9 - 6h00, respectivamente, visando obter amostras de fezes representativas de cada animal. As amostras de fezes foram coletadas imediatamente após a defecação ou diretamente no reto dos animais, em quantidades aproximadas de 200 g, foram identificadas por animal e secas em estufa com circulação forçada de ar (60°C/72 horas) e após a secagem, moídas sequencialmente em moinho de facas com peneiras de porosidade 2 e 1 mm.

No quinto dia do ensaio de digestibilidade foi realizada uma simulação manual de pastejo, individualmente em cada piquete, sendo estas amostras usadas para a estimação do consumo e dos coeficientes de digestibilidade.

Para avaliar a produção de proteína microbiana foram coletadas amostra “spot” de urina no último dia do ensaio, em micção espontânea dos animais, realizadas aproximadamente 4 horas antes e após o fornecimento do suplemento. Após a coleta, 10

mL de urina foram diluídas com 40 mL de H₂SO₄ (0,036 N) e congeladas a -20° C para posterior avaliação dos teores de creatinina, ureia e derivados de purina.

No final do período de recria, simultaneamente às pesagens, medidas morfométricas foram registradas para descrever o desenvolvimento corporal dos animais. Altura na cernelha, altura da garupa, largura da garupa, comprimento de garupa e perímetro torácico foram mensurados com auxílio de hipômetro e fita métrica.

Amostras de sangue foram coletadas nos dias 45, 90 e 135 do experimento para quantificar a concentração de glicose, triglicerídeos, ureia, proteínas totais, albumina e globulinas. Além disso, no dia 135 do período experimental foram coletadas amostras de sangue para mensuração dos níveis séricos de IGF-1. Coletas de sangue para avaliação das concentrações de progesterona foram realizadas no dia 145 do experimento. Todas as amostras de sangue foram coletadas pela manhã antes do fornecimento de suplemento, via punção da veia jugular, com auxílio de tubos a vácuo, com gel separador e ativador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance, São Paulo, Brasil) e tubos a vácuo com fluoreto de sódio e EDTA (BD Vacutainer® Fluoreto/EDTA, São Paulo, Brasil) como inibidor glicolítico e anticoagulante, respectivamente, para análise de glicose. O sangue foi imediatamente centrifugado a 3600 × g por 20 minutos sendo o soro armazenado (-20°C).

Para a avaliação das características de carcaça, foram realizadas mensurações da espessura de gordura subcutânea (EGS) e ganho de área de olho de lombo (AOL) por ultrassonografia no dia 140 do período experimental, mensuradas sobre o músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12^a e 13^a costelas (EGS_l e AOL) e, sobre a picanha (garupa) na P8 (EGS_g), para avaliar o *status* energético dos animais (deposição de tecido adiposo). Para esta avaliação foi utilizado o ultrassom Aloka (modelo: SSD 500V, Aloka, Ltda.,

Tokio, Japan) com probe linear de 18 cm. As imagens foram analisadas no programa BioSoft Toolbox® II for beef (Biotronics Inc., Ames, Iowa, USA).

Em todos os animais foi realizada uma avaliação transretal por ultrassonografia no dia 145 do período experimental, usando um ultrassom marca Aloka SSD500 com transdutor transretal de 5mHz para avaliar a presença do maior folículo (folículo dominante) e, o diâmetro folicular (mm) foi mensurado e reportado individualmente.

Foram selecionados aleatoriamente 6 animais de cada tratamento para realização de uma biópsia de fígado aos 145 dias do experimento para análises de expressão gênica de carbamoil-fosfato sintetase-1 (CPS-1) e fosfoenol-piruvato carboxiquinase (PEPCK), enzimas envolvidas na ureogênese e gliconeogênese, respectivamente.

A biópsia de fígado foi realizada em uma área ao redor do 11º espaço intercostal do lado direito do animal, cruzando a linha úmero medial tubérculo coxal. Uma área de 5x5 cm da pele do animal foi depilada e limpa com álcool 70%. Em seguida foram injetados 10 mL de lidocaína a 2%. Após 10 min o álcool 70% foi reaplicado e uma incisão de 0,5 cm foi feita. Por essa incisão a biópsia foi realizada introduzindo uma agulha do tipo Tru-Cut de 2 mm de diâmetro e 15 cm de comprimento, a mesma foi inserida 3 vezes para obter a quantidade de amostra de fígado necessária. O tamanho e peso da amostra para esta análise foi de 0,5 cm e 200 mg, respectivamente. A amostra foi rapidamente coletada, devidamente limpa com álcool 70%, colocada em tubo criogênico graduado para 2 mL (TPP®, 89020) e imediatamente congelada e armazenada em nitrogênio líquido a -196°C até sua posterior análise.

Análises laboratoriais

Nas amostras de forragem, fezes e suplemento foram quantificados os teores de MS (INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM) (INCT-CA N-001/1), PB (INCT-CA M-

001/1), extrato etéreo (EE) (INCT-CA G-005/1), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1) com as suas correções para cinzas (CIDN) (INCT-CA M-002/1) e proteínas (PIDN) (INCT-CA N-004/1) e fibra insolúvel em detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-CA F-009/1) de acordo com Detmann et al. (2012). Nas amostras de forragem destinadas ao cálculo de disponibilidade de MS e MSpd foram quantificados os teores de MS; FDN e FDNi, conforme descrito anteriormente.

A MSpd foi estimada segundo a seguinte equação descrita por Paulino et al. (2008):

$$\text{MSpd} = 0,98 \times (100 - \text{FDN}) + (\text{FDN} - \text{FDNi})$$

A quantificação dos carboidratos não fibrosos (CNF) foi realizada de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010):

$$\text{CNF} = 100 - [(\% \text{PB} - \% \text{PB urea} + \% \text{urea}) + \% \text{FDNcp} + \% \text{EE} + \% \text{MM}],$$

em que: FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína.

As amostras de fezes foram analisadas para concentração de cromo utilizando-se digestão nitroperclórica e espectrofotometria de absorção atômica (Souza et al. 2013) e dióxido de titânio por colorimetria (Titgemeyer et al. 2001).

A excreção de matéria seca fecal foi estimada utilizando-se o indicador óxido crômico, sendo estimada com base na razão entre a quantidade do indicador fornecido e sua concentração nas fezes:

$$\text{Matéria Seca Fecal (g/dia)} = \frac{\text{Quantidade Fornecida do Indicador (g)}}{\text{Concentração do Indicador nas Fezes (\%)}} \times 100$$

O consumo individual de suplemento (CISup) foi estimado pela relação entre excreção de TiO₂ nas fezes e concentração do indicador no suplemento:

$$\text{CISup} = ((\text{EF} \times \text{CIFi}) / \text{IFG}) \times \text{SupFG}$$

CISup = consumo individual de suplemento (kg/dia); CIFI = concentração do indicador nas fezes do animal (kg/kg); IFG = indicador presente no suplemento fornecido ao grupo (kg/dia); SupFG = quantidade de suplemento fornecida ao grupo de animais (kg/dia).

O consumo de matéria seca de forragem (CMF) foi realizado empregando-se como indicador interno a FDNI, usando a seguinte equação:

$$\text{CMS (kg/dia)} = \{[(\text{EF} \times \text{CIF}) - \text{IS}] / \text{CIFO}\} + \text{CMSS}$$

em que: CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg); CIFO = concentração do indicador na forragem (kg/kg); CMSS = consumo de matéria seca de suplemento (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); e IS = consumo de indicador a partir do suplemento (kg).

O método para quantificação de creatinina (K067, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) foi cinético colorimétrico. Por sua vez, o método para quantificação do ácido úrico (K0139, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) e ureia (K056, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brasil) foi enzimático colorimétrico, utilizando-se o equipamento automático para bioquímica, marca Mindray, modelo: BS200E. O cálculo do volume urinário diário foi realizado empregando-se a relação entre a excreção diária de creatinina (EC), adotando-se como referência a equação proposta por Costa e Silva et al. (2012), e a sua concentração nas amostras “spot”:

$$\text{ECU (g/dia)} = 0,0345 \times \text{PC}^{0,9491}$$

em que: PC= peso corporal.

As análises de alantoína na urina foram realizadas, conforme descrito por Chen e Gomes (1992). A excreção total de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina.

As purinas absorvidas (Y, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas (X, mmol/dia), por intermédio da equação:

$$Y = (X - 0,301 PC^{0,75}) / 0,80$$

em que: 0,80 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas e $0,301 \times PC^{0,75}$, a contribuição endógena para a excreção de purinas (Chen e Gomes, 1992).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, g NMIC/dia), foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação descrita por Chen & Gomes (1992), com exceção da relação N purinas:N total das bactérias de 0,134, conforme Valadares et al. (1999):

$$Y = 70X / 0,83 \times 0,134 \times 1000$$

em que: 70 é o conteúdo de N de purinas (mgN/mol); 0,134, a relação N purinas:N total nas bactérias; e 0,83, a digestibilidade das purinas bacterianas.

A eficiência microbiana foi expressa em g PB microbiana/kg de matéria orgânica digerida total (g PBmic/kg MOD).

As concentrações de glicose (K082, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil), triglicerídeos (K117, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) e ureia (K056, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) foram quantificadas pelo método enzimático colorimétrico e, proteínas totais (K031, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) e albumina (K040, Bioclin® Quibasa, Belo Horizonte, Brazil) pelo método colorimétrico. Todas as análises anteriormente mencionadas foram realizadas usando aparelho

automático para bioquímica (Mindray BS-200E, Shenzhen, China). O nitrogênio ureico no soro (NUS) foi estimado como 46,67 % do total de ureia sérica. As concentrações de globulinas foram calculadas pela diferença entre proteínas totais e albumina. As concentrações séricas de IGF-I foram analisadas por quimioluminescência usando o analisador Liaison e kit Diasorin® (DiaSorin, Italy). As concentrações séricas de progesterona foram analisadas por quimioluminescência usando kits Beckman Coulter, Brea, USA (33550) e aparelho Access®, Inc., Brea, USA.

Para a expressão gênica, o RNA total foi isolado de 30 mg da amostra com Trizol (Qiagen, Valencia, CA) de acordo com as recomendações do fabricante. Tratamento adicional com DNAase foi realizado utilizando-se o kit RNAase-free DNAase (Qiagen, Valencia, CA) de acordo com as recomendações do fabricante. A concentração e a integridade do RNA extraído foi determinada utilizando-se o kit Agilent RNA 6000 Nano e o equipamento Agilent 2100 Bioanalyzer (Agilent Technologies Inc., Ontario, Canada).

A Transcrição reversa foi conduzida usando GoScript Reverse Transcription System (Promega, Madison, WI) e oligo (dt) primers (Invitrogen, Carlsbad, CA). A concentração de cDNA das amostras foram estimadas no NanoVue Plus Spectrophotometer (GE Healthcare, Munich, Germany). Por fim, as amostras de cDNA foram armazenadas a – 20 °C até o início das análises.

O gene alvo e a sequência de controle interno foram recuperadas da sequência de nucleotídeos de *Bos Taurus* obtidos do banco de dados GenBank. Os genes CPS-1 e PEPCK foram analisados nas amostras de fígado. As sequências dos primers foram construídas por meio do programa PrimerQuest fornecido pela Integrated DNA Technologies (IDT, Coralville, IA). No presente estudo, os genes *HPRT1* e *RSP15A* foram usados como controle interno para normalização das amostras de fígado.

As reações de PCR quantitativo em tempo-real (qRT-PCR) foram conduzidas em duplicatas em diferentes poços utilizando SYBR Green com GoTaq PCR Master Mix (Promega) de acordo com as instruções do fabricante utilizando o equipamento ABI Prism 7300 Sequence Detection System Thermocycler® (Applied Biosystems). A reação consistiu de um passo inicial a 95 °C por 10 minutos, um segundo passo de 40 ciclos com a mesma temperatura por 15 segundos e um passo final de 60 °C por 60 segundos. Após a amplificação dos ciclos, um passo adicional de 60 °C a 95 °C foi usado para obter uma curva de dissociação. A curva de amplificação obtida a partir da diluição seriada de cDNA permitiu a determinação da melhor condição de amplificação para cada gene, na qual a eficiência de amplificação do gene alvo e a do controle.

Análises estatística

O experimento foi conduzido e analisado em delineamento inteiramente casualizado com dupla estrutura de erro. Os resultados foram submetidos à análise de variância das variáveis estudadas de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{(i)j} + \varepsilon_{(ij)k}$$

Em que, Y_{ijk} : observação tomada no indivíduo k no piquete j submetido ao tratamento i ; μ : média geral; T_i : efeito fixo do tratamento; $e_{(i)j}$: erro aleatório, não observável, associado a cada piquete j submetido ao tratamento i , pressuposto NID $(0, \sigma_e^2)$; e $\varepsilon_{(ij)k}$: erro aleatório, não observável, associado a cada observação k alocada no piquete j e submetida ao tratamento i , pressuposto NID $(0, \sigma_e^2)$.

Para as variáveis medidas durante o período de recria, as somas de quadrados dos tratamentos (4 tratamentos) foram decompostas por intermédio de contrastes ortogonais (Steel et al. 1997), para testar a interação e os efeitos independentes da suplementação em esquema fatorial 2×2 . As concentrações séricas foram analisadas como medidas

repetidas no tempo, sendo dia de coleta a variável repetida. A escolha da mais apropriada estrutura de covariância foi baseada no menor valor do critério de informação de Akaike corrigido. Para todos os procedimentos estatísticos foi utilizado o PROC MIXED do software SAS 9.4 (Statistical Analysis System, Inc., Cary, NC, USA) e adotou-se $\alpha = 0,10$ como nível crítico de probabilidade de erro tipo I.

RESULTADOS

Não houve efeito ($P > 0,10$) de interação entre as quantidades de suplemento ofertado no período de cria e recria sobre o consumo voluntario. Da mesma forma, não foi detectado efeito ($P > 0,10$) da suplementação na cria sobre o consumo de MS, MSF, MO, EE, FDNcp, CNF, FDNi, MOD, FDNcpD e PB:MOD durante o período de recria. Contudo, animais suplementados durante o período de cria apresentaram maior consumo de PB na recria ($P < 0,10$; Tabela 2).

Houve incremento no consumo de PB e PB:MOD durante o período de recria quando o nível de suplementação aumentou ($P < 0,10$). No entanto, não houve efeito ($P > 0,10$) das quantidades de suplemento ofertadas na recria sobre o consumo de MS, MSF, MO, EE, FDNcp, CNF, FDNi, MOD ou, FDNcpD ($P > 0,10$; Tabela 2).

Em relação ao peso corporal dos animais (g/kg PC), não houve efeito ($P > 0,10$) das quantidades de suplemento na recria sobre o consumo voluntario (Tabela 2).

Não foi observado efeito ($P > 0,10$) de interação entre as quantidades de suplemento oferecidas na cria e recria sobre a digestibilidade dos componentes da dieta. Do mesmo modo, a digestibilidade dos constituintes da dieta na recria não foram influenciados ($P > 0,10$) pela suplementação durante o período de cria. Por outro lado, o coeficiente de digestibilidade da PB aumentou com o incremento do nível de suplementação na recria

($P < 0,10$). Entretanto, as quantidades de suplemento na recria não afetaram a digestibilidade da MS, MO, FDNcp, CNF e MOD ($P > 0,10$; Tabela 3).

Não foi constatado efeito ($P > 0,10$) de interação entre as quantidades de suplemento fornecidas na cria e recria ou suplementação durante a cria sobre a síntese e excreção de compostos nitrogenados. Por sua vez, não houve efeito ($P > 0,10$) das quantidades de suplemento ofertadas na recria sobre a síntese de compostos nitrogenados no rúmen (NMIC), relação nitrogênio microbiano: nitrogênio ingerido (NMICR) ou eficiência de síntese de proteína microbiana (EFM). No entanto, a excreção de NUU incrementou-se com o aumento da quantidade de suplemento oferecido na recria ($P < 0,10$; Tabela 3).

Em geral, não houve efeito ($P > 0,10$) de interação entre as quantidades de suplemento na cria e recria sobre as variáveis avaliadas no perfil metabólico, à exceção do NUS, onde animais suplementados no período de cria e/ou recebendo 7,5 g/kg de PC em suplemento múltiplo na recria apresentaram maiores concentrações de NUS. Por outro lado, houve efeito ($P < 0,10$) de interação entre tratamento e dia de coleta sobre as concentrações de NUS, albumina e globulinas (Tabela 4). Nesta perspectiva, as concentrações de NUS foram menores ao longo do experimento em novilhas sem acesso ao suplemento durante o período de cria e recebendo 5g/kg de PC em suplemento múltiplo na recria (Figura 1). Por sua vez, os níveis séricos de albumina e globulinas foram menores na terceira coleta em animais não suplementados durante o período de cria (Figuras 2 e 3).

Por sua vez, foi detectado efeito ($P < 0,10$) da suplementação durante a cria sobre as concentrações sanguíneas de NUS e proteínas totais na recria. Em contraste, a

suplementação na cria não influenciou ($P > 0,10$) as concentrações séricas de IGF-1, progesterona, albumina, globulinas, glicose ou triglicerídeos (Tabela 4).

A fornecimento de maior quantidade de suplemento múltiplo durante o período de recria não influenciou ($P > 0,10$) as concentrações séricas de IGF-1, progesterona, proteínas totais, glicose ou triglicerídeos (Tabela 4).

As estratégias de suplementação avaliadas não influenciaram ($P > 0,10$) a expressão gênica de CPS-1 ou PEPCK na recria (Tabela 5).

Foi observado efeito ($P < 0,10$) da suplementação durante o período de cria sobre o peso corporal inicial, altura e largura da garupa na recria. Sob outra perspectiva, não foi constatado efeito ($P > 0,10$) do fornecimento de suplemento múltiplo na recria ou interação entre as quantidades de suplemento na cria e recria sobre as variáveis associadas com a resposta produtiva, características de carcaça, crescimento corporal ou diâmetro folicular (Tabela 6).

DISCUSSÃO

Durante o período experimental a forragem apresentou teor médio de PB inferior a 8%, limite crítico para manter o crescimento microbiano e promover a digestão de carboidratos fibrosos da forragem (Lazzarini et al. 2009a). Neste sentido, a suplementação com suplemento múltiplo pode aumentar o conteúdo de PB na dieta a níveis próximos de 100 g PB/kg MS, otimizando o consumo de forragem (Lazzarini et al. 2009b; Sampaio et al. 2010). Ultrapassado este nível de PB na dieta, os requerimentos de compostos nitrogenados dos microrganismos ruminais são atendidos e, incrementos na degradação da forragem não seriam mais observados. Além disso, o consumo voluntário de forragem é maximizado quando o teor de PB na dieta é de até 145 g PB/kg

MS em que há incremento na atividade das enzimas microbianas fibrolíticas (Detmann et al. 2014).

No presente estudo, o teor médio de PB na dieta foi de 101,7 e 126,0 g PB/kg MS para novilhas recebendo 5 g/kg PC e 7,5 g/kg PC de suplemento múltiplo na recria, respectivamente, estando abaixo do sugerido por Detmann et al. (2014). Isto poderia explicar o consumo similar de MSF, MO, FDN_{cp} e FDN_i e a falta de diferença na digestibilidade da MO, FDN_{cp}, CNF e MOD entre os tratamentos, sugerindo que as quantidades de suplemento avaliadas propiciaram condições similares para o crescimento dos microrganismos ruminais e atividade das enzimas fibrolíticas. Estes resultados são similares aos reportados por vários estudos com bovinos em condições tropicais (Costa et al. 2011; Batista et al. 2016; Franco et al. 2017; Ortega, 2018).

O maior consumo de PB por novilhas recebendo maior quantidade de suplemento na recria e/ou suplementadas durante o período de cria, foi devido ao maior consumo de PB via suplemento múltiplo, uma vez que não houve efeito sobre a ingestão de forragem. De forma similar, o incremento na quantidade de suplemento ofertado na recria resultou em aumento da relação PB:MOD para esses animais.

A maior digestibilidade da PB nas novilhas que receberam maiores quantidade de suplemento durante a recria pode ser devido ao maior consumo de suplemento múltiplo, que proporcionou maior consumo de PB. Sustentando este raciocínio, maior ingestão de proteína permite diminuição da participação na fração metabólica fecal de compostos nitrogenados (Van Soest, 1994).

A concentração de NUU está positivamente associada ao consumo de PB e níveis de NUS (Van Soest, 1994). Contudo, o incremento no fornecimento de substratos essenciais para favorecer o crescimento microbiano não foi suficiente para aumentar a síntese de proteína microbiana ou NUS. Segundo Clark et al. (1992), a disponibilidade

ruminal de energia e nitrogênio são os principais fatores nutricionais que afetam o crescimento microbiano. Assim, a falta de efeito sobre o NMIC, NMICR ou EFM entre os tratamentos, pode ser atribuída ao fato de que as quantidades de suplemento ofertadas forneceram energia e compostos nitrogenados suficientes para otimizar o crescimento dos microrganismos ruminais. Em contrapartida, animais que receberam maior quantidade de suplemento apresentaram incremento na excreção de NUU, indicando uso ineficiente do N pelo animal. Resultados similares foram reportados por Ortega (2018) com novilhas em condições tropicais.

A reciclagem de nitrogênio é um mecanismo dos bovinos que garante um aporte de nitrogênio no rúmen para síntese de proteína microbiana. Este mecanismo está relacionado com o nível de nitrogênio na dieta e nível de NUS (Owens & Bergen, 1983). Assim, há decréscimo no nível sanguíneo de NUS causado pela sua transferência para o rumen (Batista et al. 2017a; 2017b). Neste sentido, a concentração similar de NUS indica não só que a maior quantidade de suplemento oferecido não foi suficiente para incrementar a transferência de amônia do rúmen para o sangue, mas também produção similar de ureia no fígado, condizente com a expressão gênica de CPS-1 (enzima chave na síntese hepática de ureia) observada entre os tratamentos no presente estudo, o que sugere semelhança na intensidade da reciclagem de nitrogênio.

O IGF-1 possui ação anabólica, sendo um forte indicador do *status* nutricional nos animais (Yakar et al. 2002; Jorritsma et al. 2003; Velazquez et al. 2008). Atua como sinalizador da existência de nutrientes disponíveis para a célula a fim de estimular a síntese proteica e a proliferação celular (Lawrence et al. 2012). Assim, as concentrações similares de IGF-1 sugerem que a suplementação não foi suficiente para promover aumento no *status* anabólico das novilhas, apontando utilização e metabolismo dos substratos da dieta similar, apesar dos diferentes níveis de suplementação, o que

explicaria o PC, GMD, AOL, EGS I e EGS g similar entre os tratamentos, uma vez que estes são indicadores da deposição de tecido muscular e adiposo (Rodríguez-Sánchez et al. 2015). Estes resultados são condizentes com as observações de Cappelozza et al. (2014)

Por outro lado, visto que o PC à desmama foi menor em novilhas sem acesso ao suplemento durante a fase de cria, sugere que estes animais compensaram o menor PC durante o período de recria associado ao consumo de suplemento múltiplo. Segundo Rodríguez-Sánchez et al. (2015) novilhas que receberam menor quantidade de nutrientes durante o período de cria, possuem a capacidade de compensar o menor ganho médio diário na recria, uma vez que o *input* de nutrientes na dieta seja incrementado.

A altura na cernelha nos bovinos é medida do osso longo do membro anterior e é um bom indicador do desenvolvimento esquelético e tamanho (Heinrichs et al. 1992; Le Cozler et al. 2010; Rodríguez-Sánchez et al. 2015). A falta de diferença nesta variável sugere que as estratégias de suplementação aplicadas no presente estudo não comprometeram o desenvolvimento esquelético e subsequentemente o tamanho maduro, refletido pela altura. Do mesmo modo, alguns autores reportaram resultados semelhantes na estatura de novilhas em condições tropicais (Silva et al. 2017; Ortega, 2018). Por outro lado, outros estudos relataram diferença de tamanho devido ao tratamento nutricional aplicado (Roberts et al. 2009; Rodríguez-Sánchez et al. 2015).

A relação entre o peso corporal e altura na cernelha (PC:AC) reflete a condição corporal dos animais (Eborn et al. 2013). Neste sentido, os níveis de suplementação avaliados não foram suficientes para aumentar essa relação, indicando que a capacidade das novilhas para depositar musculo e gordura foi similar, o que está relacionado com a AOL, EGS I e EGS g observados no presente estudo. Silva et al. (2017) e Ortega (2018)

reportaram incremento na relação PC:AC em novilhas de corte que receberam maiores quantidades de suplemento em pastagem tropical. Por sua vez, a largura e comprimento da garupa fornecem uma estimativa da área pélvica interna, o que pode influenciar a incidência e o grau de dificuldade de parto em novilhas primíparas (Rodríguez-Sánchez et al. 2015), sendo similar entre os tratamentos no presente estudo. Silva et al. (2017) e Ortega, (2018) reportaram comportamento similar nos seus estudos.

O perímetro torácico é a medida biométrica com maior grau de correlação com o PC. Neste estudo, esta característica não foi influenciada pelo nível de suplementação durante o experimento. Estes resultados são contrários aos reportados por Rodríguez-Sánchez et al. (2015) que observaram incremento no perímetro torácico em novilhas de corte recebendo maior nível de suplementação. Por sua vez, Silva et al. (2017) reportaram aumento no perímetro torácico em novilhas suplementadas comparadas com animais sem suplementação.

Em ruminantes, os requerimentos de glicose são atendidos principalmente através da gliconeogênese hepática (Huntington et al. 2006). Deste modo, a concentração similar de glicose observada entre tratamentos, sugere que o maior nível de suplementação testado não foi suficiente para favorecer o aumento de precursores gliconeogênicos. Apoiando este raciocínio, as quantidades de suplemento avaliadas não afetaram a expressão gênica de PEPCK nos animais, sendo esta enzima chave na formação de nova glicose. Contudo, vários estudos reportaram incremento na expressão gênica de PEPCK associado a aumento na concentração de glicose em novilhas recebendo uma maior quantidade de suplemento (Cooke et al. 2008; Cappellozza et al. 2014).

Os níveis séricos de triglicerídeos, da mesma forma que a glicose, podem refletir o *status* energético. Durante o experimento, as concentrações de triglicerídeos foram

similares entre os tratamentos. Este resultado concorda com os efeitos detectados para a glicose e expressão gênica de PEPCCK e são semelhantes às observações de Silva et al. (2017) em novilhas de corte em condições tropicais.

As concentrações séricas de proteínas totais, albumina e globulinas podem estar associadas com a disponibilidade de aminoácidos e nutrientes (Lawrence et al. 2012) e refletem o *status* proteico em longo prazo devido à baixa variabilidade no sangue (Ndlovu et al. 2007). Assim, a falta de efeito nas concentrações séricas de proteínas totais, albumina e globulinas entre os tratamentos durante a recria, sugere que as dietas proporcionaram um *status* proteico similar nos animais.

A diminuição nos teores séricos de proteínas totais no final da recria está associada à redução nas concentrações sanguíneas de albumina e globulinas na terceira coleta em animais que não tiveram acesso ao suplemento múltiplo na cria, sendo indicativo de menor *status* nutricional (Silva et al. 2017). Assim, este decréscimo está relacionado a diminuição gradativa da qualidade da forragem.

A concentração similar de progesterona é condizente com o diâmetro folicular observado entre os tratamentos, uma vez que o tamanho do folículo, entre outros benefícios, favorece o tamanho do corpo lúteo e, por tanto a produção de progesterona (Ribeiro Filho et al. 2013; Silveira et al. 2014). Estes resultados reafirmam a falta de efeito dos níveis de suplementação avaliados sobre o *status* energético das novilhas no presente estudo. Silva et al. (2017) e Ortega (2018) observaram aumento no diâmetro folicular e concentração de progesterona em novilhas sob pastejo recebendo maiores quantidades de suplemento.

CONCLUSÕES

O fornecimento de maior quantidade de suplemento múltiplo na recria não melhora a resposta produtiva, desenvolvimento corporal, *status* nutricional e metabólico em novilhas de corte em pastagens tropicais.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro. À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia, por possibilitar a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- Barbosa AM, Valadares RFD, Valadares filho SC, Pina DS, Detmann E, Leão MI (2011) Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. *Journal of Animal Science* **89**, 510-519.
- Batista E, Detmann E, Valadares Filho SC, Titgemeyer E, Valadares R (2017a) The effect of CP concentration in the diet on urea kinetics and microbial usage of recycled urea in cattle: a meta-analysis. *Animal*: 1303-1311.
- Batista, E, Detmann E, Gomes DI, Rufino LMA, Paulino MF, Valadares Filho SC, Franco MO, Sampaio CB, Reis WLS (2017b) Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilisation in cattle fed high-quality tropical forage. *Animal Production Science* **57**: 1993-2000.
- Batista ED, Detmann E, Gomes DI, Rufino LMA, Paulino MF, Valadares Filho SC, Franco MO, Sampaio CB, Reis WLS (2016) Effect of protein supplementation in the rumen, abomasum, or both on intake, digestibility, and nitrogen utilisation in cattle fed high-quality tropical forage. *Animal Production Science* **57**, A-H.
- Cappelozza BI, Cooke RF, Reis MM, Moriel P, Keisler DH, Bohnert DW (2014). Supplementation based on protein or energy ingredients to beef cattle consuming low-

- quality cool-season forages: II. Performance, reproductive, and metabolic responses of replacement heifers. *Journal Animal Science* **92**, 2725–2734.
- Chen X Bin, Gomes MJ (1992) Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. In ‘Int. Feed Resour. Unit’, Bucksburn Aberdeen. 21. (Rowett Research Institute: Bucksburn Aberdeen).
- Clark JH, Klusmeyer TH, Cameron MR (1992) Microbial Protein Synthesis and Flows of Nitrogen Fractions to the Duodenum of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **75**, 2304–2323.
- Cooke RF, Arthington JD, Araujo DB, Lamb GC, Ealy AD (2008). Effects of supplementation frequency on performance, reproductive, and metabolic responses of Brahmancrossbred females. *Journal Animal Science* **86**, 2296–2309.
- Costa VAC, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho S de C, Henriques LT, Carvalho IPC (2011) Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-proteico e/ou proteína verdadeira. *Revista Brasileira de Zootecnia* **40**, 2815–2826.
- Costa e Silva LF, Valadares Filho SC, Chizzotti ML, Rotta PP, Prados LF, Valadares RFD, Zanetti D, Braga JM da S (2012) Creatinine excretion and relationship with body weight of Nellore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* **41**, 807–810.
- Detmann E, Valente EEL, Batista ED, Huhtanen P (2014) An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science* **162**, 141-153.
- Detmann E, Souza MA de S, Valadares Filho S de C, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba E de OS, Cabral L da S, Pina D dos S, Ladeira MM, Azevedo JAG (2012) ‘Métodos

para análise de alimentos INCT – Ciência Animal.’ (E Detmann, Ed.). (Suprema Gráfica: Visconde do Rio Branco, MG).

Detmann, E, Valadares Filho SC (2010) On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **62**, 980-984.

Eborn DR, Cushman RA, Echternkamp SE (2013) Effect of postweaning diet on ovarian development and fertility in replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* **91**, 4168–4179.

Franco M de O, Detmann E, de Campos Valadares Filho S, Batista ED, de Almeida Rufino LM, Medrado Barbosa M, Lopes AR (2017) Intake, digestibility, and rumen and metabolic characteristics of cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and different levels of starch. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **30**, 797–803.

George SK, Dipu MT, Mehra UR, Singh P, Verma AK, Ramgaokar JS (2006) Improved HPLC method for the simultaneous determination of allantoin, uric acid and creatinine in cattle urine. *Journal of Chromatography B* **832**, 134-137.

Grings EE, Geary TW, Short RE, Macneil MD (2007) Beef heifer development within three calving systems. *Journal Animal Science* **85**, 2048-2058.

Heinrichs AJ, Rogers GW, Cooper JB (1992) Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *Jornal Dairy Science* **75**, 3576–3581.

Huntington GB, Harmon DL, Richards CJ (2006) Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science* **84** Suppl, E14-24.

- Jorritsma R, Wensing T, Kruip TAM, Vos PLAM, Noordhuizen PTM (2003) Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. *Vet. Res* **34**, 11–26.
- Lawrence TLJ, Fowler VR, Novakofski JE (2012) ‘Growth of Farm Animals (3rd edn).’ (CABI Publishing: London, UK).
- Lazzarini I, Detmann E, Sampaio CB (2009a) Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **61**, 635-647.
- Lazzarini I, Detmann E, Sampaio CB et al (2009b) Intake and digestibility in cattle feed low-quality-tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia* **38**, 2021-2030.
- Le Cozler Y, Peccatte JR, Delaby L (2010) A comparative study of three growth profiles during rearing in dairy heifers: Effect of feeding intensity during two successive winters on performances and longevity. *Livestock Science* **127**, 238– 247.
- Ndlovu T, Ndlovu T, Chimonyo M, Okoh A, Muchenje V, Dzama K, Raats J (2007) Assessing the nutritional status of beef cattle: current practices and future prospects. *African Journal of Biotechnology* **6**, 2727-2734.
- NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle* (7th edn) (2001) (National Academy Press: Washington, DC).
- Nogueira GP (2004) Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle, *Animal Reproduction Science* **82**, 361–372.
- Ortega RM (2018) Supplementation strategies for beef heifers in tropical pastures in the preweaning and rearing periods. (Ph.D. Thesis, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Brazil).

- Owens FN, Bergen WG (1983) Nitrogen metabolism of ruminant animals: historical perspective, current understanding and future implications. *Journal of Animal Science* **57**, 498-518.
- Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC (2008) Bovinocultura funcional nos trópicos. In: SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE PRODUCTION, 7, Viçosa, MG. *Proceedings...* Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, UFV, 2008. p. 275-305.
- Ribeiro Filho AL, Ferraz PA, Rodrigues AS, Bittencourt TCBS, Loiola MVG, Chalhoub M (2013). Diâmetro do folículo no momento da inseminação artificial em tempo fixo e taxa de concepção em vacas nelore. *Cienc. anim. Bras* **14**, 501-507.
- Roberts AJ, Geary TW, Grings EE, Waterman RC, MacNeil MD (2009) Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for a one hundred forty-day period after weaning, *Journal of Animal Science* **87** 3043–3052.
- Rodríguez-Sánchez JA, Sanz A, Tamanini C, Casasús I (2015) Metabolic, endocrine, and reproductive responses of beef heifers submitted to different growth strategies during the lactation and rearing periods. *Journal Animal Science* **93**, 3871–3885.
- Sampaio CB, Detmann E, Paulino MF et al. (2010) Intake and digestibility in cattle feed low-quality-tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Tropical Animal Health and production* **42**, 1471-1479.
- Silva AG, Paulino MF, Amorim LS, Rennó LN, Detmann E, Moura FH, Manso MR, Silva e Paiva PH, Ortega RM, Melo LP (2017) Performance, endocrine, metabolic, and reproductive responses of Nellore heifers submitted to different supplementation levels pre- and post-weaning. *Tropical Animal Health Production*.
- Silveira RO, Dos Santos GM, Silveira CO, Maitan PP (2014) Avaliação do tamanho do folículo ovulatório e da taxa de concepção de vacas nelore em protocolos de IATF. *Anais VI SIMPAC - Volume 6 - n. 1 - Viçosa-MG - 191-196.*

- Souza NKP, Detmann E, Pina DS, Valadares Filho SC, Sampaio CB, Queiroz AC, Veloso CM (2013) Evaluation of chromium concentration in cattle feces using different acid digestion and spectrophotometric quantification techniques. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **65**, 1472–1482.
- Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA (1997) *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. 3th ed. New York: McGraw Hill Co, p. 666.
- Titgemeyer EC, Armendariz CK, Bindel DJ et al. (2001) Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. *Journal of Animal Science* **79**, 1059-1063.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV (2018) Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico**. Viçosa, 2018.
- Valadares RFD, Broderick GA, Valadares Filho SC, Clayton MK (1999) Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science* **82**, 2686-2696.
- Van Soest, PJ (1994) Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press.
- Velazquez MA, Spicer LJ, Wathes DC (2008) The role of endocrine insulin-like growth factor-I (IGF-I) in female bovine reproduction. *Dom. Anim. Endo* **35**, 325–342.
- Yakar S, Rosen CJ, Beamer WG, Ackert-Bicknell CL, Wu Y, Liu J, Ooi GT, Setser J, Frystyk J, Boisclair YR, Leroith D (2002) Circulating levels of IGF-1 directly regulate bone growth and density. *The Journal of Clinical Investigation* **110**, 771–781.

TABELAS

Tabela 1 - Ingredientes e composição química do suplemento múltiplo e forragem consumida pelos animais durante o experimento

Item ¹	Suplemento	<i>B. Decumbens</i> ²	<i>B. Decumbens</i> ³
Ingredientes % (dieta basal)			
Farelo de trigo	77,5	-	-
Farelo de soja	20	-	-
Ureia:sulfato de amônia (9:1)	2,5	-	-
Mistura mineral	-	-	-
Composição química (g/kg MS)			
Matéria seca (MS)	891,2	881,6 ± 0,23	877,9 ± 0,58
Matéria orgânica (MO)	912,8	923,3 ± 0,85	923,1 ± 0,50
Proteína bruta (PB)	299,4	55,1 ± 0,45	62,7 ± 0,66
Extrato etéreo (EE)	17,1	-	-
Carboidratos não fibrosos	398,7	-	-
FDNcp	197,6	655,8 ± 2,94	631,7 ± 3,21
FDN indigestível (FDNi)	37,9	152,4 ± 0,33	158,2 ± 0,34

¹/FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ²/Amostras obtidas via sumulação manual de pastejo durante o ensaio digestivo. ³/Amostras obtidas via simulação manual de pastejo ao longo do experimento.

Tabela 2 - Consumo voluntário em novilhas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de recria

Item ¹	Suplemento (g/kg PC) ²				EPM ³ ±	(Valor-P) ⁴		
	C (0,0)		C (5,0)			C	R	C × R
	R (5,0)	R (7,5)	R (5,0)	R (7,5)				
	kg/dia							
MS	6,48	5,90	6,67	7,12	0,367	0,130	0,868	0,239
MSF	5,28	4,13	5,41	5,19	0,357	0,173	0,129	0,269
MSS	1,21	1,78	1,26	1,93	0,066	0,207	<0,001	0,536
MO	5,94	5,47	6,16	6,54	0,368	0,155	0,913	0,313
PB	0,65	0,75	0,68	0,87	0,028	0,058	0,006	0,231
EE	0,11	0,11	0,11	0,13	0,016	0,690	0,635	0,507
FDNcp	3,68	3,08	3,77	3,81	0,227	0,149	0,289	0,238
CNF	1,50	1,53	0,16	1,74	0,119	0,256	0,527	0,652
FDNi	0,84	0,72	0,88	0,84	0,041	0,135	0,129	0,354
MOD	3,86	3,67	3,91	4,44	0,310	0,263	0,621	0,309
FDNcpD	2,13	1,67	2,03	2,17	0,159	0,273	0,380	0,136
PB:MOD	169	211	179	196	10,49	0,837	0,048	0,291
	g/kg PC							
MS	24,01	22,43	23,61	24,75	1,372	0,527	0,884	0,383
MSF	19,53	15,70	19,13	18,02	1,370	0,526	0,148	0,381
MO	21,99	20,76	21,78	22,75	1,321	0,541	0,928	0,456
FDNcp	13,61	11,70	13,33	13,23	0,894	0,528	0,328	0,375
FDNi	3,11	2,72	3,10	2,92	1,155	0,582	0,140	0,549

^{1/} MS: matéria seca; MSF: MS da forragem; MSS: matéria seca do suplemento; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF: carboidratos não fibrosos; FDNi: fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; MOD: MO digerida; FDNcpD: FDNcp digerido; PB:MOD: relação PB:MOD. ^{2/} C: suplementação no período de cria; R: suplementação no período de recria. ^{3/} EPM: erro padrão da média. ^{4/} C: efeito da suplementação no período de cria; R: efeito da suplementação no período de recria; C × R: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecido na cria e recria.

Tabela 3 – Coeficiente de digestibilidade aparente e níveis de nitrogênio em novilhas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de recria

Item ¹	Suplemento (g/kg PC) ²				EPM ³ ±	(Valor-P) ⁴		
	C (0,0)		C (5,0)			C	R	C × R
	R (5,0)	R (7,5)	R (5,0)	R (7,5)				
MS (g/g)	0,626	0,635	0,594	0,647	0,0178	0,615	0,160	0,286
MO (g/g)	0,651	0,668	0,630	0,678	0,0159	0,728	0,112	0,377
PB (g/g)	0,644	0,741	0,647	0,723	0,0156	0,666	0,005	0,524
FDNcp (g/g)	0,577	0,537	0,535	0,570	0,0185	0,817	0,885	0,121
CNF (g/g)	0,809	0,865	0,816	0,866	0,0627	0,959	0,448	0,964
MOD (g/ kg MS)	597	618	581	623	17,1	0,774	0,141	0,574
NMIC (g/dia)	70,4	73,5	71,6	89,5	20,03	0,689	0,628	0,729
NMICR (g/g N)	0,679	0,602	0,648	0,640	0,1614	0,984	0,803	0,842
EFM (g/kg MOD)	115,4	127,4	114,7	126,7	27,04	0,980	0,681	0,999
NUU (g/dia)	41,9	54,8	52,0	58,8	4,00	0,157	0,072	0,501

¹/MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDNcp: fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF: carboidratos não fibrosos; MOD: MO digerida; NMIC: produção de nitrogênio microbiano no rúmen; NMICR: relação nitrogênio microbiano:nitrogênio ingerido; EFM: eficiência de síntese de proteína microbiana; NUU: excreção de nitrogênio ureico na urina. ²/C: suplementação no período de cria; R: suplementação no período de recria. ³/EPM: erro padrão da média. ⁴/C: efeito da suplementação no período de cria; R: efeito da suplementação no período de recria; C × R: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecido na cria e recria.

Tabela 4 - Perfil metabólico em novilhas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de recria

Item ¹	Suplemento (g/kg PC) ²				EPM ³ ±	(Valor-P) ⁴				
	C (0,0)		C (5,0)			C	R	C × R	D	T × D
	R (5,0)	R (7,5)	R (5,0)	R (7,5)						
IGF-1 (ng/mL)	305,36	367,50	306,07	339,56	24,344	0,610	0,124	0,592	–	–
Progesterona (ng/mL)	0,386	0,276	0,542	0,803	0,2872	0,305	0,807	0,559	–	–
NUS (mg/dL)	9,0	18,1	20,6	19,8	2,18	0,040	0,133	0,088	<0,001	0,037
Proteínas totais (g/dL)	5,96	5,78	6,30	6,23	0,142	0,008	0,387	0,728	0,003	0,159
Albumina (g/dL)	3,08	3,03	3,21	3,21	0,100	0,155	0,794	0,836	0,023	0,037
Globulinas (g/dL)	2,88	2,76	3,09	3,02	0,147	0,174	0,545	0,853	0,002	0,028
Glicose (mg/dL)	70,6	72,9	68,2	71,4	1,60	0,278	0,144	0,805	0,241	0,234
Triglicerídeos (mg/dL)	30,0	28,0	30,5	31,7	2,01	0,362	0,843	0,467	0,151	0,273

¹IGF-1: fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1; NUS: nitrogênio ureico sérico. ²C: suplementação no período de cria; R: suplementação no período de recria. ³EPM: erro padrão da média. ⁴C: efeito da suplementação no período de cria; R: efeito da suplementação no período de recria; C × R: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecido na cria e recria; D: efeito do dia de coleta; T × D: efeito de interação entre tratamento e dia de coleta.

Tabela 5 - Abundância de proteína hepática associada à ureogênese (CPS-1) e gliconeogênese (PEPCK) em novilhas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de recria

Item ¹	Suplemento (g/kg PC) ²				EPM ³ ±	(Valor-P) ⁴		
	C (0,0)		C (5,0)			C	R	C × R
	R (5,0)	R (7,5)	R (5,0)	R (7,5)				
CPS-1	4,3333	3,7483	4,4350	5,1300	0,6857	0,340	0,939	0,403
PEPCK	3,5167	3,0450	3,1183	3,1750	0,2865	0,663	0,509	0,408

¹/CPS-1: carbamoil-fosfato sintetase 1; PEPCK: fosfoenol-piruvato carboxiquinase. ²/C: suplementação no período de cria; R: suplementação no período de recria. ³/EPM: erro padrão da média. ⁴/ C: efeito da suplementação no período de cria; R: efeito da suplementação no período de recria; C × R: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecido na cria e recria.

Tabela 6 – Desempenho produtivo, características de carcaça e desenvolvimento corporal em novilhas de corte em pastagem tropical recebendo suplementação estratégica no período de recria

Item ¹	Suplemento (g/kg PC) ²				EPM ³ ±	(Valor-P) ⁴		
	C (0,0)		C (5,0)			C	R	C × R
	R (5,0)	R (7,5)	R (5,0)	R (7,5)				
PCI (kg)	230,1	220,6	248,1	249,5	8,81	0,058	0,673	0,576
PCF (kg)	300,9	305,3	322,3	325,2	12,60	0,179	0,787	0,957
GMD (kg/dia)	0,472	0,565	0,494	0,504	0,0374	0,630	0,247	0,332
AOL (cm ²)	40,9	41,7	43,1	44,7	2,34	0,331	0,646	0,881
EGS/ (mm)	2,12	2,35	2,23	2,49	0,235	0,621	0,368	0,964
EGSg (mm)	2,90	3,02	3,03	3,42	0,355	0,502	0,516	0,722
Altura na cernelha (cm)	124,2	123,0	125,9	125,1	1,00	0,144	0,402	0,873
Perímetro torácico (cm)	151,2	150,9	153,6	153,3	2,59	0,405	0,912	0,984
Altura da garupa (cm)	132,0	130,9	134,2	133,5	1,03	0,086	0,429	0,845
Largura da garupa (cm)	37,9	38,1	39,5	39,1	0,50	0,063	0,766	0,585
Comprimento da garupa (cm)	39,0	39,8	41,5	41,6	1,04	0,106	0,720	0,774
PC:AC (kg/cm)	2,42	2,48	2,53	2,60	0,102	0,277	0,669	0,935
Diâmetro folicular (mm)	10,2	11,4	10,9	11,2	1,26	0,852	0,590	0,713

¹PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; GMD: ganho médio diário; AOL: área de olho de lombo; EGS/: espessura de gordura subcutânea sobre o músculo *Longissimis dorsi*; EGSg: espessura de gordura subcutânea na garupa; PC:AC: relação peso corporal e altura na cernelha. ²C: suplementação no período de cria; R: suplementação no período de recria. ³EPM: erro padrão da média. ⁴C: efeito da suplementação no período de cria; R: efeito da suplementação no período de recria; C × R: efeito de interação entre as quantidades de suplemento fornecido na cria e recria.

FIGURAS

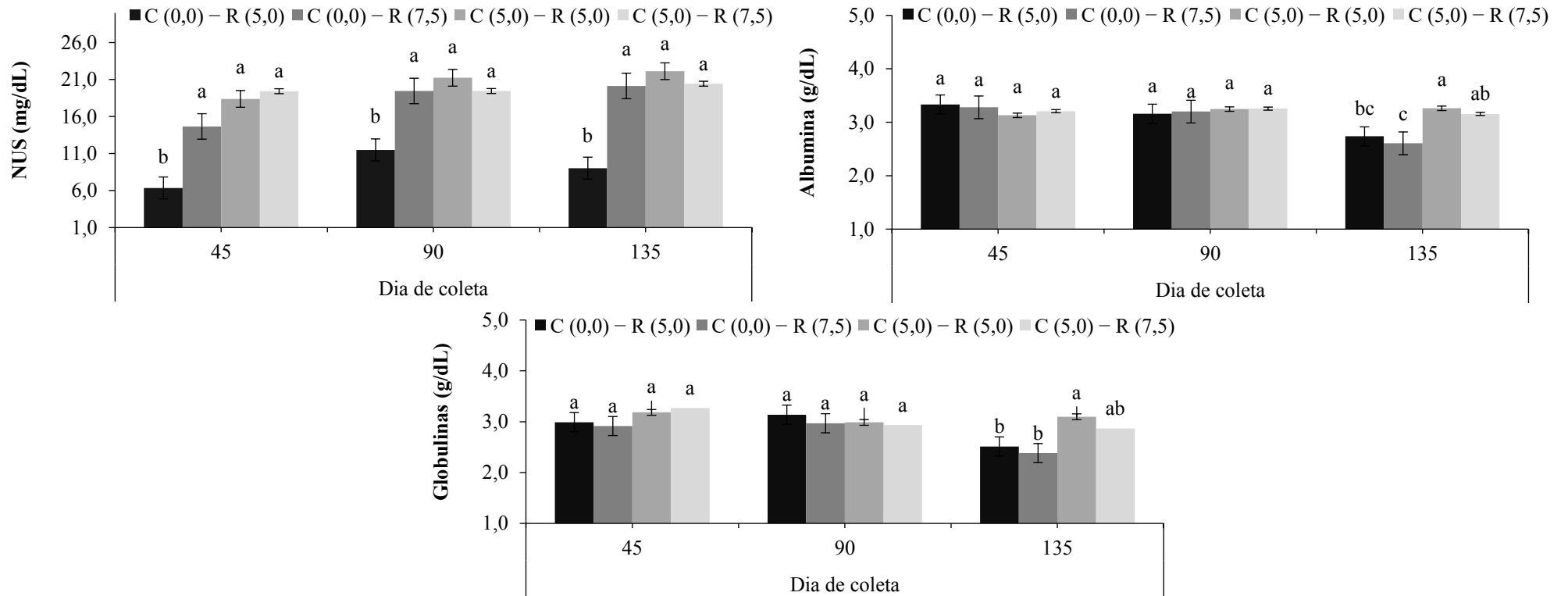


Figura 1. Concentrações sanguíneas de nitrogênio ureico sérico (NUS), albumina e globulinas em novilhas de corte recebendo suplementação estratégica em pastagem tropical. C: suplementação no período de cria; R: suplementação no período de recria. Tratamentos aplicados: não suplementado durante o período de cria e suplementado com 5,0 g/kg PC na recria; não suplementado durante o período de cria e suplementado com 7,5 g/kg PC na recria; suplementado com 5,0 g/kg PC durante os períodos de cria e recria; suplementado com 5,0 g/kg PC e 7,5 g/kg PC na cria e recria, respectivamente. Médias de tratamentos × dia de coleta sem letras minúsculas comuns diferem ($P < 0.10$).

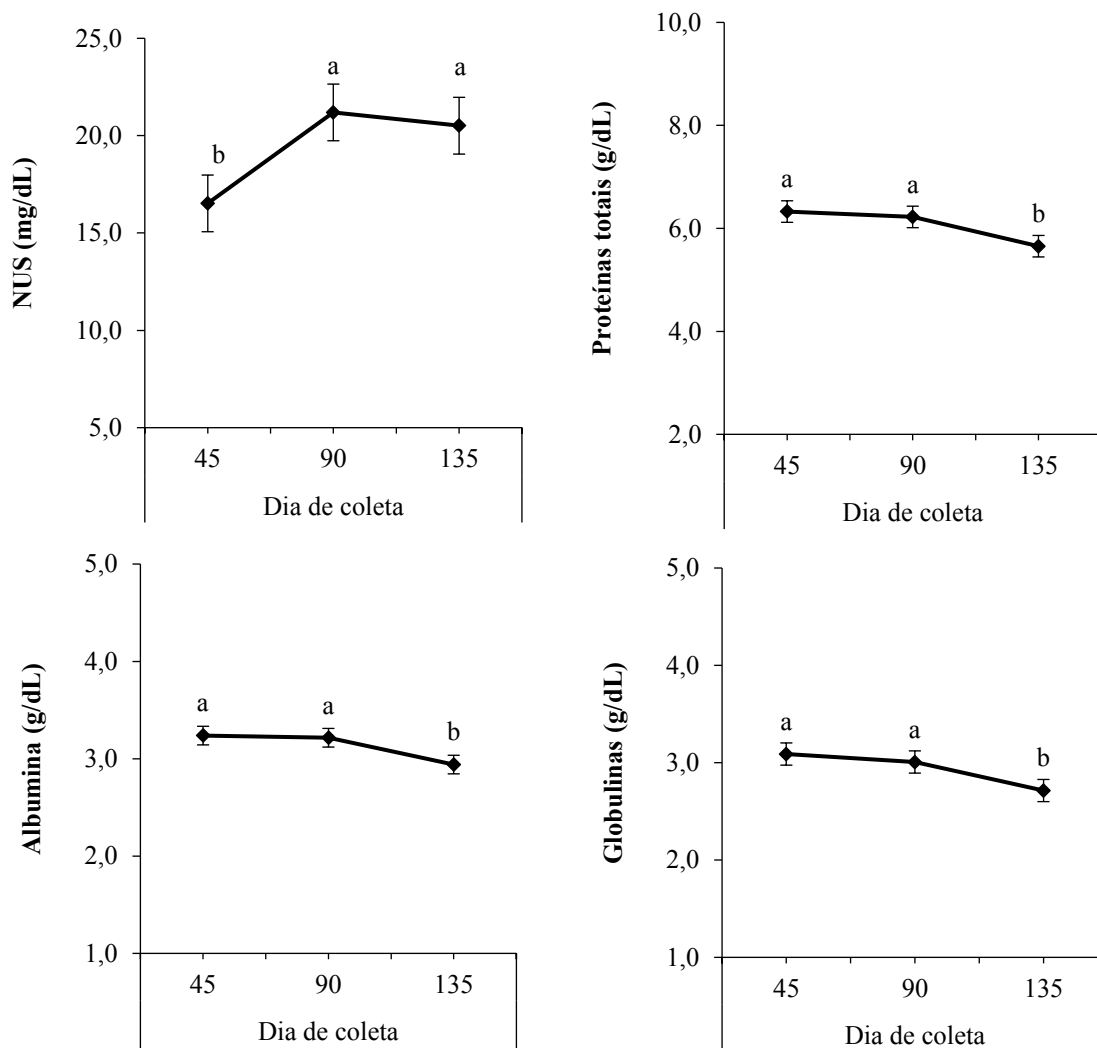


Figura 2. Concentrações ssanguíneas de nitrogênio ureia sérico (NUS), proteínas totais, albumina e globulinas em novilhas de corte recebendo suplementação estratégica em pastagem tropical. Tratamentos aplicados: não suplementado durante o período de cria e suplementado com 5,0 g/kg PC na recria; não suplementado durante o período de cria e suplementado com 7,5 g/kg PC na recria; suplementado com 5,0 g/kg PC durante os períodos de cria e recria; suplementado com 5,0 g/kg PC e 7,5 g/kg PC na cria e recria, respectivamente. Dia de coleta: 45, 90 e 135 dias do período experimental. Médias de dia de coleta sem letras minúsculas comuns diferem ($P < 0.10$).